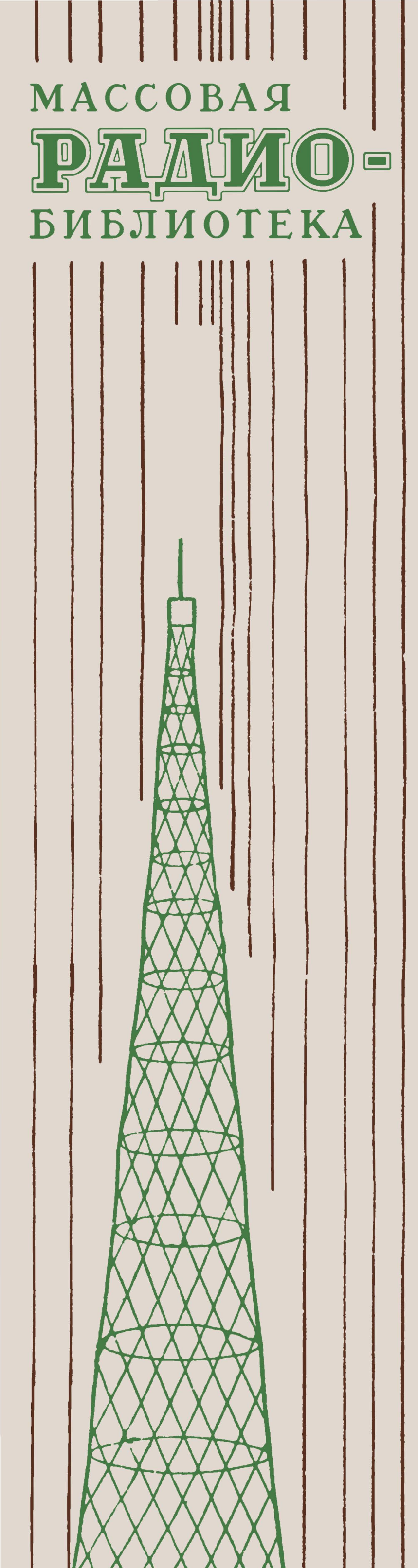
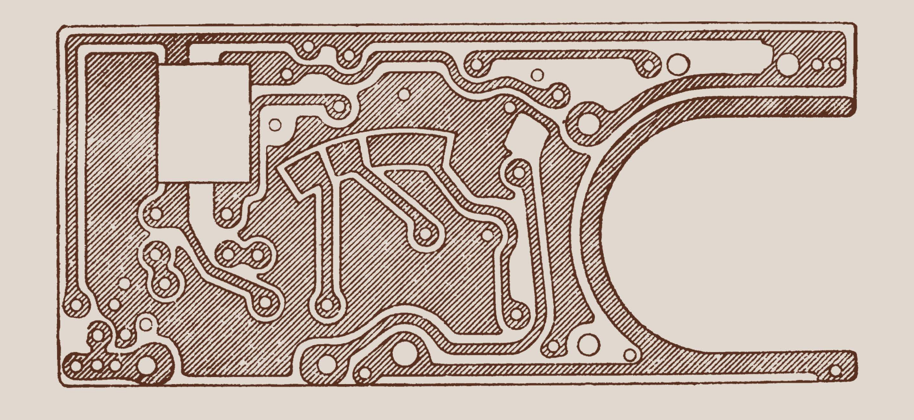


Г. А. БОРТНОВСКИЙ

ПЕЧАТНЫЕ СХЕМЫ В РАДИОЛЮБИТЕЛЬСКИХ КОНСТРУКЦИЯХ



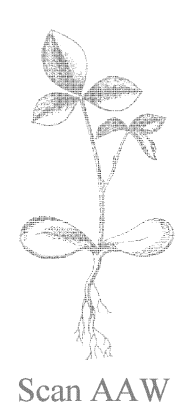
ГОСЭНЕРГОИЗДАТ

МАССОВАЯ РАДИОБИБЛИОТЕКА

Выпуск 345

Г. А. БОРТНОВСКИЙ

ПЕЧАТНЫЕ СХЕМЫ В РАДИОЛЮБИТЕЛЬСКИХ КОНСТРУКЦИЯХ



ГОСУДАРСТВЕННОЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО

МОСКВА 1959 ЛЕНИНГРАД

В брошюре рассматривается современная технология получения печатных схем, приводятся указания по конструированию и технологии любительского выполнения печатных схем, а также примеры радиолюбительских конструкций с печатным монтажом.

Брошюра предназначена для радиолюбителей-конструкторов.

СОДЕРЖАНИЕ

Бортновский Генрих Александрович
ПЕЧАТНЫЕ СХЕМЫ В РАДИОЛЮБИТЕЛЬСКИХ КОНСТРУКЦИЯХ

Редактор *Э. П. Борноволоков* Техн. редактор *К. П. Воронин*

Сдано в набор 6/V 1959 г. Подписано к печати 25/VII 1959 г. Т-07892
Бумага 84×108$^{1}/_{16}$ 4,1 печ. л. Уч.-изд. л. 4,4 Тираж 60 000 экз. Цена 1 р. 75 к. Заказ 234

Типография Госэнергоиздата. Москва, Шлюзовая наб., 10.

ВВЕДЕНИЕ

Необходимость создания радиоаппаратуры с печатным монтажом (рис. 1) вызвана тем, что попытки механизировать изготовление радиоаппаратуры с обычным, так называемым навесным, монтажом не увенчались успехом. Построенные для этой цели машины не получили распространения: они были сложны, дороги и обладали многими недостатками. Поэтому до сего времени радиоаппаратура с навесным монтажом собирается вручную на конвейере. Применение же печатных схем полностью решает вопрос о механизации сборки и монтажа радиоаппаратуры.

Производство радиоаппаратуры с применением печатных схем сводится к изготовлению платы с печатным монтажом (изоляционной платы, с которой скреплены плоские металлические проводники—печатный монтаж), автоматической укладке на нее радиодеталей и одновременной пропайке всех соединений методом погружения.

Автомат для укладки деталей (рис. 2) состоит из рабочей головки, производящей выгибание и обрезку проволочных выводов и установку деталей в отверстиях печатной платы, и магазина с запасом сопротивлений, конденсаторов и других деталей. После установки одной детали печатная плата автоматически перемещается к соседней рабочей головке, где устанавливается следующая деталь и т. д., пока не будут установлены все мелкие детали (обычно несколько десятков). Затем на плате монтируются автоматически или вручную крупные детали, электрические выводы которых выполнены в виде пружинных защелок (рис. 3). Такие детали вставляются в отверстия в печатной плате и крепко удерживаются защелками, не требуя дополнительного крепления винтами, заклепками и т. п.

После того как на печатной плате смонтированы все детали, они припаиваются к проводникам печатной схемы так называемым «методом погружения». Сущность этого метода состоит в том, что смонтированная печатная плата погружается одной стороной (той, с которой расположены печатные проводники и выводы радиодеталей) в расплавленный припой, где за 15—20 *сек* происходит припайка всех выводов к печатным проводникам (рис. 4).

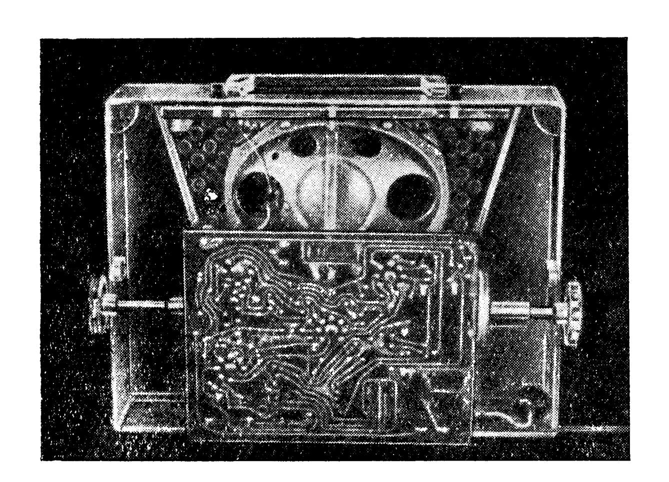


Рис. 1. Переносный батарейный радиоприемник с печатной схемой.

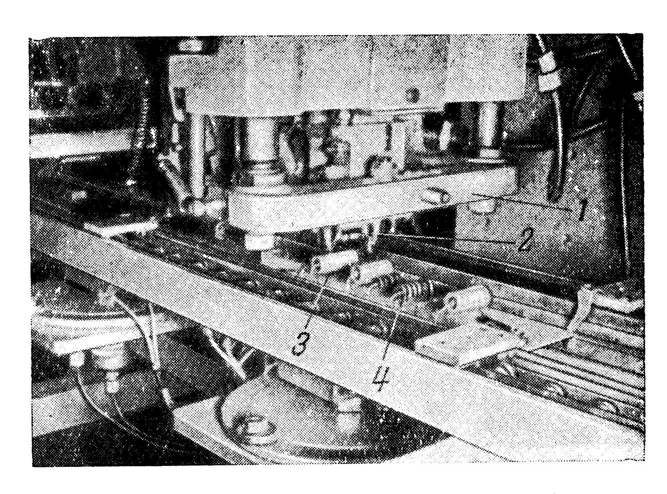
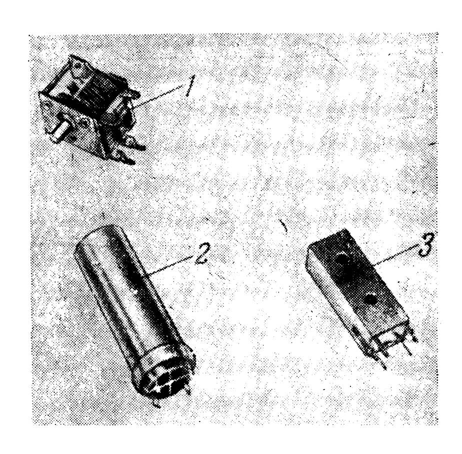


Рис. 2. Автомат для укладки радиодеталей на печатные платы.

1 — рабочая головка; *2* — механизм, устанавливающий деталь на плату; *3* — печатная плата; *4* — установленная деталь.



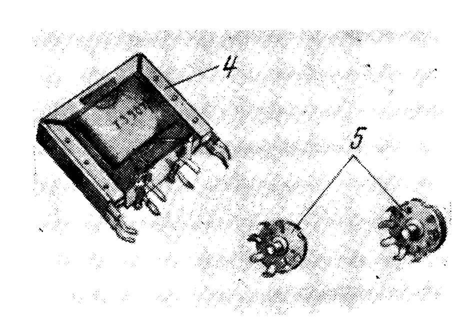


Рис. 3. Радиодетали, предназначенные для установки на печатных платах.

1 — конденсатор переменной емкости; *2* — электролитический конденсатор; *3* — трансформатор промежуточной частоты; *4* — выходной трансформатор; *5* — панельки для пальчиковых ламп.

Применение печатных схем значительно удешевляет стоимость и сокращает время изготовления радиоаппаратуры.

При изготовлении печатной схемы одновременно с печатным монтажом можно изготовить такие детали, как переключатели (рис. 5), разъемы (рис. 6), катушки и т. п.

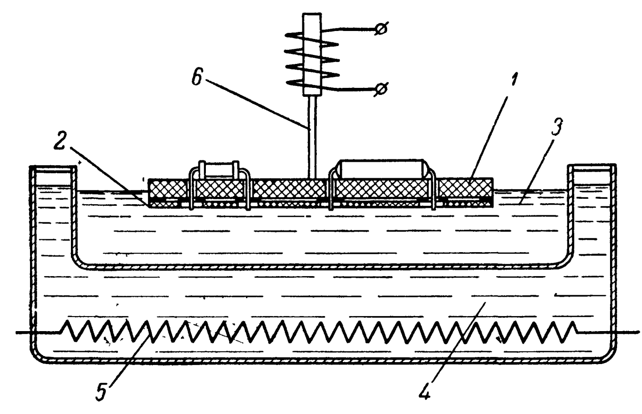


Рис. 4. Пайка погружением.

1 — печатная плата; *2* — бумажная маска; *3* — припой; *4* — расплавленная соль, поддерживающая постоянство температуры припоя; *5* — подогреватель; *6* — вибратор.

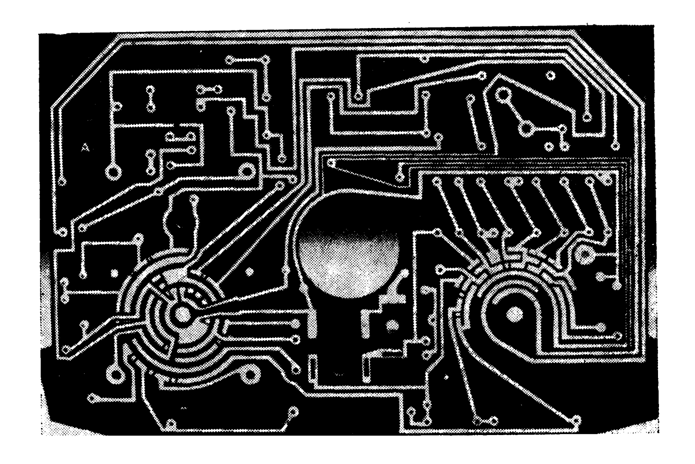


Рис. 5. Плата универсального измерительного прибора с переключателями.

Возможно изготавливать и сопротивления аналогичными методами. Осаждение слоя угля или металла, обладающего большим сопротивлением, вместо определенного участка токопроводящей линии на печатной схеме, автоматически дает сопротивление. Тем не менее до сих пор остается нерешенным очень важный вопрос, касающийся получения сопротивлений определенной и точной величины. Эта задача оказалась чрезвычайно сложной, и до сих пор работы по ее разрешению не вышли за рамки экспериментов.

Техника печатных схем—техника будущего, она позволит решить многие проблемы в области применения электроники и радиотехники.

Советские радиолюбители не могут стоять в стороне от этих вопросов; они всегда шли в ногу с движением техники вперед, и на их счету много достижений. Поэтому и сейчас радиолюбители должны освоить методику конструирования и изготовления радиоаппаратуры с печатными схемами, и надо надеяться, что на всесоюзных радиовыставках появится такая радиолюбительская аппаратура.

Можно ли отрицательно относиться к тому, что радиолюбители занимаются печатными схемами, считая, что в этом нет смысла, поскольку радиолюбители изготавливают обычно радиоаппаратуру в одном экземпляре, а печатные схемы—это технология массового производства. Действительно, радиолюбитель изготавливает единичный экземпляр, но он может его изготовить как макет аппарата, стоящего на уровне современной техники как в схемном, так и технологическом отношении, а это невозможно сделать без применения печатной схемы. Особенно это относится к при-

емникам и другим устройствам на транзисторах, где без печатного монтажа трудно выполнить малогабаритную и надежно работающую конструкцию.

Кроме того, важно заинтересовать печатными схемами возможно большее количество наших радиолюбителей, особенно молодежь. Энтузиасты новой технологии, работая на заводах и в научно-исследовательских институтах, будут быстро двигать новую технику вперед. Надо заметить, что проектирование устройств с печатными схемами очень интересное занятие; здесь зачастую приходится решать сложные задачи, у которых может быть много решений.

Если радиолюбители заинтересуются печатным монтажом, то они будут создавать современные образцы радиоаппаратуры, которые доставят радиолюбителю большое творческое удовлетворение, повысят его квалификацию, а при хорошей схемной отработке эти конструкции могут быть использованы в промышленности.

Следует также отметить, что аппаратура с печатной схемой удобна в эксплуатации и надежна — ее легко ремонтировать и очищать от пыли. Печатный монтаж красив и имеет законченный вид, так как вместо хаотически расположенных проводов при навесном монтаже получается плата с аккуратно расположенными деталями.

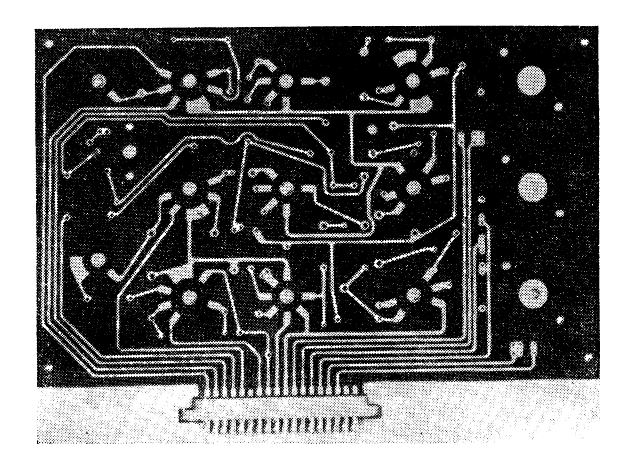


Рис. 6. Плата с разъемом.

Глава первая

ПРОМЫШЛЕННАЯ ТЕХНИКА ПЕЧАТНЫХ СХЕМ

Прежде чем приступить к самостоятельному изготовлению радиоаппаратуры с печатными схемами, радиолюбителю полезно познакомиться с существующими промышленными методами получения печатных схем. Ниже будет дано краткое описание нескольких основных методов их изготовления.

Печатные схемы различаются как по характеру изготовления самой печатной платы, так и по ее конструкции. Основным конструктивным видом печатной платы является такая, у которой с одной стороны изоляционной пластины находятся печатные проводники, а с другой — радиодетали. В некоторых случаях, например при очень сложных схемах, а также у малогабаритной аппаратуры, не удается разместить все печатные проводники на одной стороне и приходится плату выполнять двусторонней, располагая печатные проводники на обеих сторонах изоляционной пластины. Изготовление двусторонней печатной платы намного сложнее и, кроме того, сборка радиосхем на таких платах труднее поддается механизации.

Все способы изготовления аппаратуры с печатными схемами в основном различаются по тому, каким методом изготовлена основная часть такой аппаратуры — плата с печатным монтажом. Предложено очень много (около трех десятков) различных методов изготовления печатных схем. Многие из предложенных методов различаются в деталях, но имеется несколько принципиально различных технологических приемов производства печатных схем. Это — методы травления фольгированного гетинакса, гальванического осаждения, переноса и вжигания.

Наибольшее распространение получили метод травления фольгированного гетинакса и метод гальванического осаждения. Сейчас трудно сказать, какой из них в будущем получит большее признание.

Рассмотрим основные методы получения плат с печатным монтажом.

МЕТОД ТРАВЛЕНИЯ ФОЛЬГИРОВАННОГО ГЕТИНАКСА

Одним из самых перспективных методов получения печатного монтажа является травление фольгированного гетинакса.

На фольгированный гетинакс, т. е. гетинакс, который с одной или двух сторон обклеен медной фольгой, наносится краской позитивное изображение монтажа, при этом краска ложится на те места фольги, которые должны остаться на плате. Затем плата помещается в раствор хлорного железа, где происходит вытравливание незащищенной краской фольги. После смывания краски получаем плату с печатным монтажом (рис. 7).

Существует много способов нанесения изображения на фольгированный гетинакс. Из

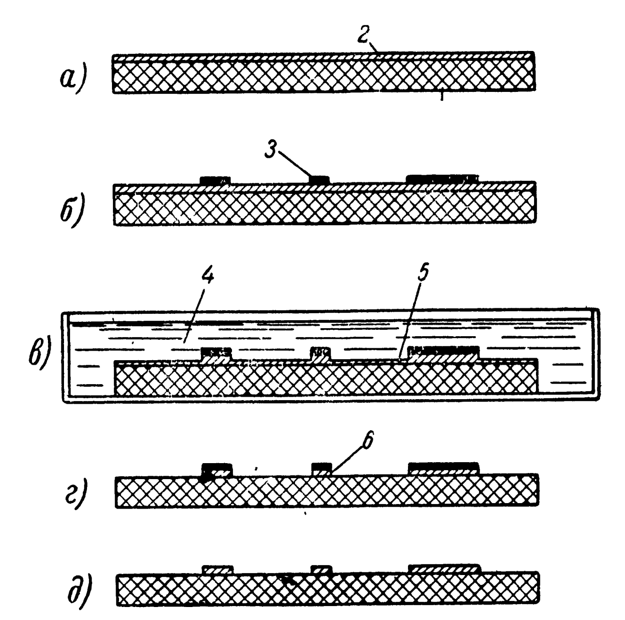


Рис. 7. Метод травления фольгированного гетинакса.
а — фольгированный гетинакс (*1* — гетинакс, *2* — медная фольга); *б* — рисунок на фольгированном гетинаксе (*3* — краска); *в* — травление платы (*4* — травящий раствор, *5* — место травления); *г* — вытравленная плата (*6* — печатный проводник); *д* — готовая плата (краска смыта).

них следует отметить три самых распространенных: типографский способ, метод шелкографии и фотометод. В первом случае изображение печатается с выпуклого клише аналогично печати штриховых рисунков в типографии. Сущность второго способа (шелкографии) состоит в том, что на шелковую ткань, натянутую на рамку, наносится светочувствительный слой, а на него с прозрачного позитива (фотопленки), у которого непрозрачные части изображения соответствуют будущим проводникам, печатается изображение монтажа. Светочувствительный слой, лежащий на шелке, в засвеченных местах задубится и станет нерастворимым в воде, а незасвеченная часть может быть смыта теплой водой. После смывания незасвеченной части светочувствительного слоя мы получим на шелковой ткани места, на которых будет прочно держаться фотографический слой, непроницаемый для краски. В остальных местах, соответствующих рисунку печатных проводников, шелковая ткань будет пропускать краску. Если рамку с шелковым негативом укрепить над пластинкой из фольгированного гетинакса, а внутри рамки поместить краску, то при передвижении скребка краска будет выдавливаться через шелк в местах, не защищенных фотослоем, и на плате получится позитивное изображение печатной схемы, выполненное защитной краской (рис. 8).

При фотографическом способе нанесения защитного слоя на плату оригинал печатного монтажа (позитив) вычерчивается тушью на ватмане обычно в увеличенном масштабе (2 : 1 или 5 : 1) и затем переснимается на фотопленку с таким расчетом, чтобы на пленке получилось негативное изображение печатной схемы в натуральную величину. На фольгированный гетинакс с предварительно нанесенным на него светочувствительным слоем накладывается негативная пленка, и все это помещается под яркий источник света. Изображение проявляется при помощи ватного тампона, смоченного теплой водой (рис. 9). Незасвеченные части изображения смываются, а на тех местах фольги, которые должны остаться на плате, будет лежать защитная пленка фотослоя.

Для лучшей защиты фольги от травящего раствора на плату накатывается резиновым валиком типографская краска, которая ложится только на фотослой, так как он приподнят над фольгой.

Во всех перечисленных случаях защитные пленки (краска или фотослой) оказываются недостаточно надежными и могут смываться травящим раствором. Для усиления защитных

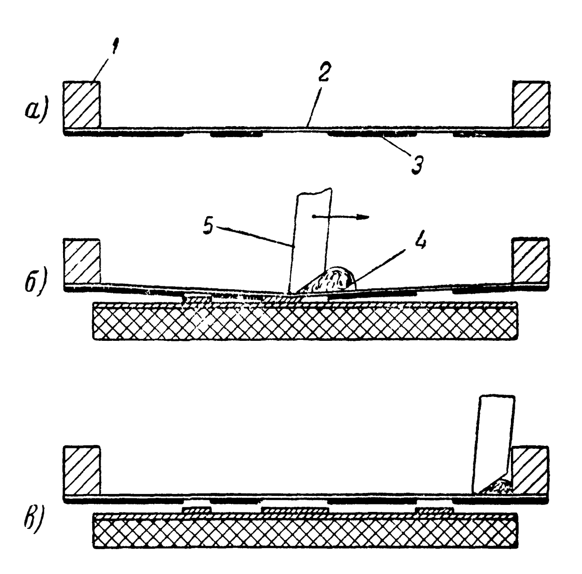


Рис. 8. Нанесение рисунка печатного монтажа на фольгированный гетинакс методом шелкографии.

а — шелковый трафарет (*1* — рамка, *2* — шелковая, капроновая или нейлоновая ткань, *3* — задубленный фотослой); *б* — продавливание краски через трафарет (*4* — краска, *5* — скребок, движущийся в направлении, указанном стрелкой); *в* — плата с нанесенным на нее рисунком

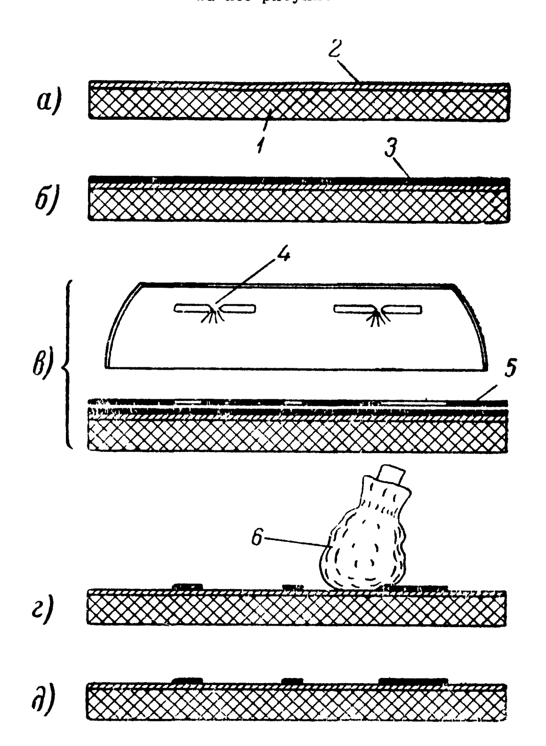


Рис. 9. Нанесение рисунка печатного монтажа на фольгированный гетинакс фотометодом.

а — фольгированный гетинакс (*1* — гетинакс, *2* — фольга); *б* — фольгированный гетинакс с нанесенным на фольгу фотослоем (*3* — светочувствительный слой); *в* — экспонирование платы (*4* — дуговая лампа, *5* — негативная пленка); *г* — проявление рисунка (удаление незасвеченных участков фотослоя при помощи ватного тампона *6*, смоченного теплой водой); *д* — плата с рисунком печатного монтажа.

свойств пленки изображение печатного монтажа припудривается порошком, главной составной частью которого является канифоль. Порошок пристает к влажной краске, а с незакрашенных мест сдувается, после чего плата нагревается до температуры 100—120° С, канифоль расплавляется, и закрашенные места покрываются стекловидной пленкой расплавленной канифоли, хорошо защищающей фольгу от травящего раствора.

Метод травления фольгированного гетинакса должен получить сейчас большое распространение благодаря простому технологическому процессу, не требующему сложного оборудования и дефицитных химических материалов.

Платы, полученные по этому методу, имеют токопроводящие линии высокого качества, и к ним легко припаиваются навесные детали.

При некотором упрощении метод травления фольгированного гетинакса может быть использован радиолюбителями при изготовлении аппаратуры с печатным монтажом (см. гл. 3).

К недостаткам метода можно отнести необходимость применения специальных деталей (пистонов) при переходе с одной стороны платы на другую (в случае двустороннего монтажа), а также снижение электрических параметров диэлектрика платы, происходящее под действием химических реактивов.

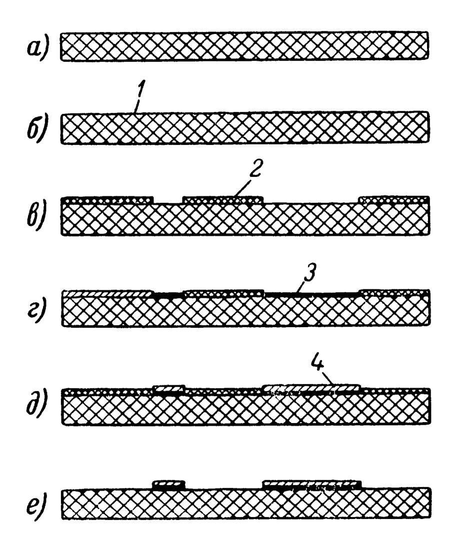


Рис. 10. Метод гальванического осаждения.

а — гетинаксовая плата; *б* — отпескоструенная плата (*1* — поверхность, обработанная песком); *в* — нанесение защитного покрытия (*2* — негативное изображение печатной схемы, выполненное краской); *г* — химическая металлизация шероховатых участков платы, не защищенных краской (*3* — металлизация); *д* — гальваническое наращивание меди на металлизированные участки платы (*4* — гальваническая медь); *е* — готовая плата (защитное покрытие смыто)

МЕТОД ГАЛЬВАНИЧЕСКОГО ОСАЖДЕНИЯ

Метод гальванического осаждения печатной схемы сводится к тому (рис. 10), что на изоляционную плату сначала наносятся химическим способом тонкие токонесущие проводники, которые затем гальванически наращиваются медью. Существует много вариантов выполнения печатных схем этим методом. Проводящий слой, на который наращивается гальваническим способом медь, обычно получается за счет химического осаждения меди. При химической обработке платы медь оседает только на шероховатых поверхностях изоляционной платы, не оседая на полированных поверхностях и на лаке. Таким образом, задача сводится к созданию на плате шероховатых участков, соответствующих токонесущим проводникам. Это достигается нанесением на отпескоструенную плату негативного рисунка схемы, т. е. покрытием защитной пленкой тех мест, которые не должны металлизироваться. О различных способах нанесения рисунка схемы мы уже говорили, это может быть типографский способ, метод шелкографии или фотометод.

Химическое осаждение меди происходит на всех шероховатых участках платы, не защищенных пленкой (лаком или фотослоем). Для наращивания гальванической меди на металлизированные участки нужно, чтобы они были соединены электрически между собой и подключены к источнику постоянного тока. Это достигается тем, что проводники будущей схемы соединяются между собой так называемыми технологическими перемычками, т. е. печатными проводниками, которые нужны только на время гальванического наращивания и в последующем должны быть удалены, иначе вся схема будет замкнута накоротко. Достигается это либо штамповкой отверстий в гетинаксовой плате, разрывающих перемычки (при тонких гетинаксовых платах), либо фрезеровкой, снимающей перемычки вместе с материалом платы. Последний способ применен при производстве печатных плат телевизора «Старт», где все печатные проводники соединяются между собой в углублениях для ламповых панелей. После наращивания печатных проводников углубления растачиваются специальным приспособлением и все печатные провода размыкаются.

Метод гальванического осаждения, примененный при производстве телевизора «Старт», несколько отличается от указанного выше. Платы телевизора «Старт» отпрессованы из пластмассы так, что будущие печатные проводники выполнены в виде углублений в пла-

те (рис. 11). Технология изготовления печатной платы следующая: отпрессованная плата пескоструится, после чего плоскость платы лакируется, при этом углубления в плате остаются не покрытыми лаком. В дальнейшем плата погружается в раствор солей меди, после чего на химически осажденный слой меди толщиной в несколько микрон гальванически наращивается медь до 50 *мк*. Для защиты токопроводящих полосок платы от коррозии и облегчения пайки медные полоски гальванически покрываются тонким слоем олова.

Здесь указаны основные операции, в действительности же производится еще ряд вспомогательных операций (промывка плат, сушка, обработка в растворе азотнокислого серебра перед химическим меднением, покрытие защитной краской и т. д.— всего до двадцати операций). На рис. 12 показан общий вид смонтированной платы приемников телевизора «Старт».

Преимущества метода гальванического осаждения состоят в том, что все операции осуществляются при низких температурах и поэтому возможно получение печатных плат на нетермостойком материале. Кроме того, этот метод позволяет получить двусторонний монтаж с переходами проводников с одной стороны платы на другую ее сторону в процессе изготовления всей схемы, а также дает возможность пайки такой платы методом погружения. Недостатками метода являются пониженная электропроводность токопроводящих печатных линий и меньшая прочность сцепления их с изоляционной платой по сравнению с платами, выполненными методами травления фольгированного гетинакса. Большая длительность технологического цикла и большая номенклатура применяемых материалов, трудность осуществления соединений с навесными деталями и, наконец, снижение электрических параметров изоляционного материала платы от воздействия химических реактивов также относятся к недостаткам описанного метода получения печатных плат.

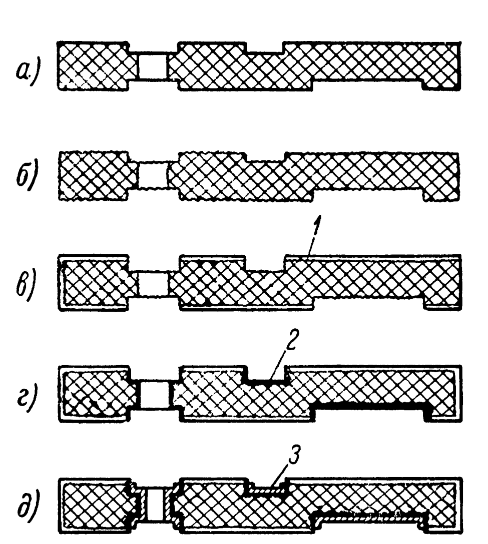


Рис. 11. Метод гальванического осаждения, примененный при изготовлении печатных плат телевизора „Старт".

а — плата, отпрессованная из пресспорошка (углубления сделаны для проводников); *б* — плата, обработанная на пескоструйке (все поверхности платы шероховаты); *в* — покрытие платы защитным лаком (*1* — лак); *г* — химическая металлизация (*2* — слой меди, нанесенный химическим способом); *д* — плата после наращивания гальванической меди на проводники (*3* — гальваническая медь)

МЕТОД ПЕРЕНОСА

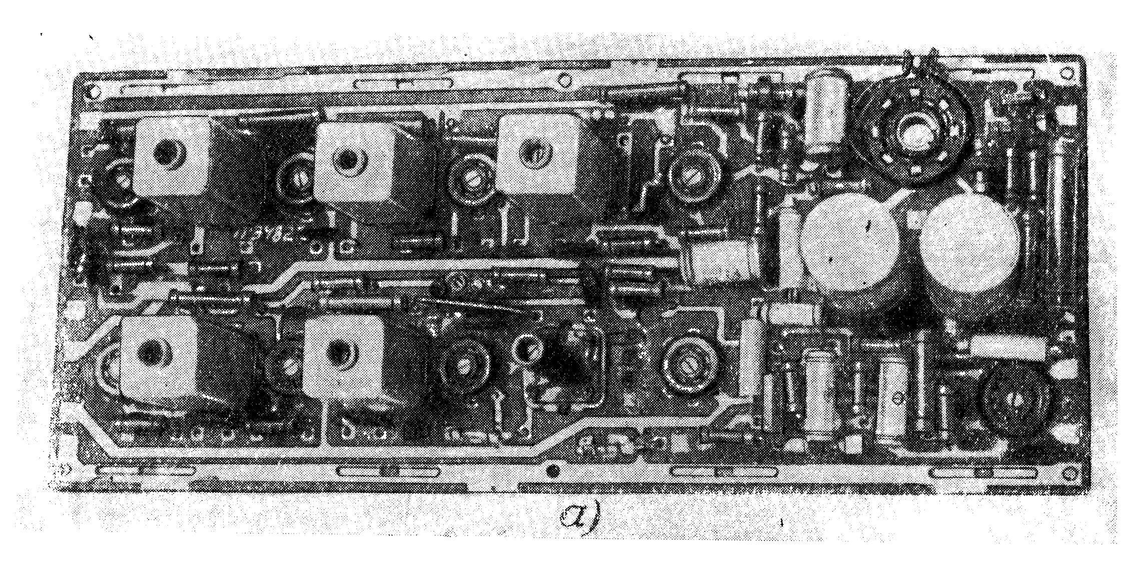
Этот метод основан на способности определенных электролитов при электролизе давать на некоторых металлах и сплавах осадки, имеющие слабое сцепление с основаниями, на которые они осаждаются. Вследствие этого осадки легко могут быть сняты и перенесены на подготовленную изоляционную плату.

Метод переноса (рис. 13) состоит в том, что на отполированную плиту из нержавеющей стали наносится негативный рисунок печатной схемы любым из перечисленных выше способов. При этом плита остается непокрытой защитной пленкой в местах, где должны быть будущие проводники. Подготовленная таким образом плита помещается в гальваническую ванну для осаждения меди в местах, не покрытых защитной пленкой. Слой меди, сам по себе достаточно прочный, слабо сцеплен с подложкой — стальной плитой.

После осаждения меди с плиты смывается защитная пленка и плита кладется на пакет бумаги, пропитанной бакелитовым лаком. Все это помещается между нагретыми плитами пресса. После прессовки и прогрева, нужного для полимеризации бакелита, стальная плита отделяется от гетинакса, полученного из спрессованной бумаги, пропитанной бакелитом, причем печатные проводники отделятся от стальной плиты и окажутся запрессованными в гетинаксовой плате заподлицо с ее поверхностью.

Этим способом можно получить одновременно с печатным монтажом также и элементы переключателей, переменных конденсаторов, разъемов и тому подобных деталей.

Метод переноса прост, но сложнее, чем травление фольгированного гетинакса; он имеет ряд преимуществ, главные из которых состоят в том, что полученные платы имеют прочное сцепление проводящего слоя с под-



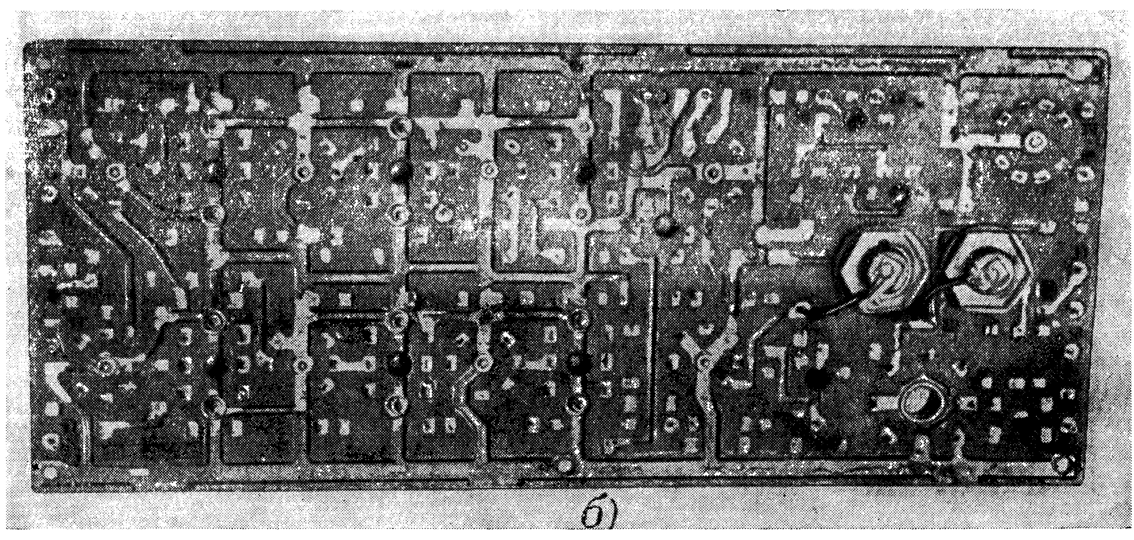


Рис. 12. Общий вид смонтированной печатной платы телевизора „Старт".
а — вид со стороны навесных деталей (один экран с контура промежуточной частоты снят); *б* — вид со стороны паек

ложкой и высокое качество диэлектрика, не подвергающегося действию химических реактивов. Недостатком метода является пониженная электропроводность токопроводящих линий по сравнению с методом травления фольгированного гетинакса.

МЕТОД ВЖИГАНИЯ

Это очень старый метод. Еще до того как стали применять печатные схемы для монтажа больших радиоустройств, этот способ использовался для получения печатного монтажа небольших узлов, а также для изготовления различных деталей: катушек самоиндукции, полупеременных конденсаторов и т. п.

Сущность этого метода (рис. 14) состоит в том, что на керамическую плату наносится рисунок схемы пастой, главной составной частью которой является серебро (до 50%). Такая плата помещается в печь, где поддерживается температура до 700° С. В результате воздействия высокой температуры на пасту, последняя спекается и прочно соединяется с керамической платой.

Положительным является то, что платы, полученные методом вжигания, имеют весьма прочное сцепление проводников с подложкой,

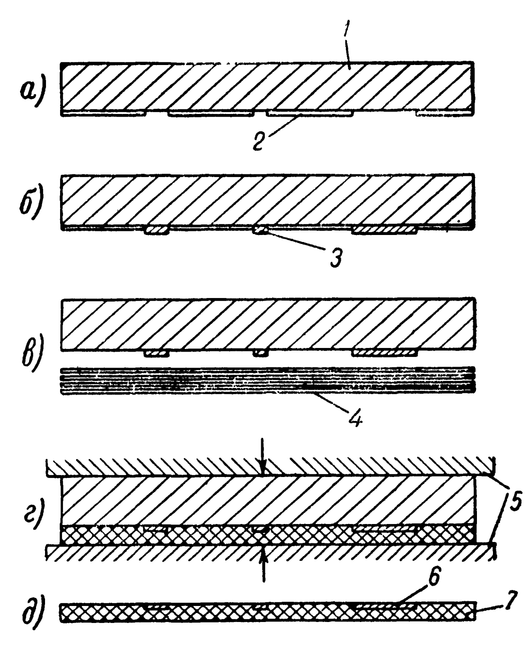


Рис. 13. Метод переноса.

а — отполированная плита из нержавеющей стали, на которую нанесен защитной краской негативный рисунок печатной схемы (*1* — плита, *2* — краска), *б* — плата с гальванически осажденной медью в незащищенных краской местах (3—гальваническая медь); *в* — подготовка к прессованию печатной платы (защитная краска смыта с плиты, под плиту подложена бумага *4*, пропитанная бакелитовым лаком); *г* — прессовка платы (плиты пресса *5*, между которыми зажимается плита из нержавеющей стали и пропитанная бакелитовым лаком бумага, нагреваются для полимеризации бакелита); *д* — готовая плата (печатные проводники *6* заподлицо с гетинаксовой платой *7*).

хорошую электропроводность проводников, удобное крепление навесных деталей. К недостаткам следует отнести невозможность изготовления больших плат из-за хрупкости керамики, а также высокую стоимость изготовления, так как для прессовки плат требуется дорогая технологическая оснастка.

МЕТОД ПРЕССОВКИ СЕРЕБРЯНОГО ПОРОШКА

Этот метод основан на том, что на изоляционную плату насыпается ровный слой серебряного порошка, после чего к плате прижимается пуансон, на котором нанесен выступающий рисунок печатного монтажа. При сильном нажатии порошок спрессовывается выступающим рисунком и прочно соединяется с подложкой, остальной серебряный порошок сдувается. Положительным в этом способе является его простота, а также получение хорошего сцепления токопроводящих полосок с подложкой и их малое электрическое сопротивление.

К недостаткам следует отнести высокую стоимость пуансона, а также невозможность внесения изменений в схему — в этом случае

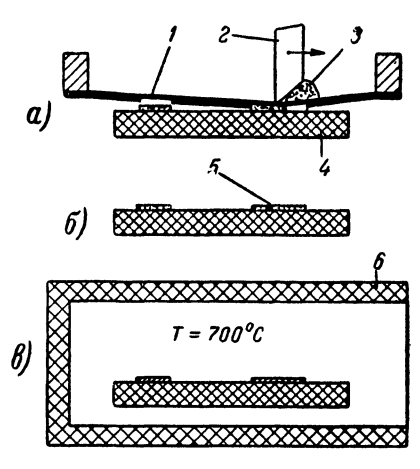


Рис. 14. Метод вжигания.

а — нанесение рисунка печатной схемы на керамическую плату (*1* — шелковый трафарет, *2* — скребок, движущийся в направлении, указанном стрелкой, *3* — серебряная паста, *4* — керамическая плата); *б* — плата до обжига (*5* — печатные проводники из серебряной пасты); *в* — обжиг платы (*6* — печь).

надо изготавливать новый пуансон. Этот метод малоперспективен, он приведен как интересный пример чисто механического изготовления печатных плат.

Перечисленные методы получения плат с печатными схемами являются основными. Кроме того, имеется много других способов изготовления печатных плат, а также комбинаций различных способов. Например, печатная схема, полученная методом травления фольгированного гетинакса, покрывается гальванически слоем олова для защиты от коррозии или же никелем или родием для придания износоустойчивости проводам, используемым как контакты переключателя.

Интересен метод гальванического покрытия, при котором отпадает необходимость в технологических перемычках. Сущность его заключается в том, что отпескоструенную плату целиком покрывают медью химическим способом. После меднения (слой меди в несколько микрон) на плату наносится краской негативный рисунок печатной схемы, т. е. покрываются защитной пленкой те места платы, где не должно быть проводников, и плата помещается в гальваническую ванну для осаждения меди на незащищенных металлизированных частях платы. Технологические перемычки теперь не нужны, так как вся плата металлизирована. После наращивания гальванической меди смывается защитная краска и плата погружается в травящий раствор, где тонкий слой химической меди, игравший роль технологических перемычек, стравливается, а более толстые провода из гальванически осажденной меди остаются.

ПАЙКА ПОГРУЖЕНИЕМ

Основным преимуществом аппаратуры с печатным монтажом, как уже говорилось выше, является то, что на плату все детали могут быть уложены автоматически, без участия человека, а затем погружением в припой детали припаиваются к печатному монтажу.

Во избежание залуживания печатных проводников пайку погружением производят с использованием бумажных масок, а в некоторых случаях проводники закрашивают лаком. Защитные маски изготавливают из листа бумаги, в котором штампуют отверстия, соответствующие местам пайки. Такая маска или наклеивается на печатную плату, или же совмещается с ней при помощи контрольных штифтов. Смонтированную печатную плату с маской перед пайкой погружают во флюс, а затем на 15 *сек* в ванну с расплавленным припоем (рис. 4). Через отверстия в маске припой поступает только в места пайки и в течение этого времени припаивает выводы деталей к печатным проводникам. Для обеспечения хороших паек в ванну помещен вибратор, который заставляет припой или плату вибрировать.

Глава вторая

КОНСТРУИРОВАНИЕ РАДИОУСТРОЙСТВ С ПЕЧАТНЫМ МОНТАЖОМ

При конструировании радиолюбительской радиоаппаратуры с навесным монтажом можно зачастую обойтись без чертежей и всю компоновку и монтаж выполнить, как иногда говорят, «по месту». В случае изготовления радиоаппаратуры с печатным монтажом чертежи обязательны.

В зависимости от цели, которую преследует радиолюбитель, платы с печатными схемами можно выполнять, придерживаясь требований, предъявляемых к заводским конструкциям, особенно в том случае, когда стремятся сконструировать образец или макет радиоаппарата, пригодный для серийного производства. При этом все навесные детали располагаются на одной стороне платы, а печатный монтаж на другой. Такую конструкцию мы будем называть «заводской».

Если радиолюбитель не стремится создать образец для промышленного производства, а хочет просто сделать для себя радиоаппарат с печатным монтажом, то возможны отступления от «заводской» конструкции как с целью упрощения изготовления печатной платы, так и с целью облегчения ее наладки или возможности внесения изменений. В этом случае навесные детали могут располагаться на обеих сторонах платы, и для подвески деталей со стороны печатного монтажа можно ставить опорные стойки. Такие конструкции с печатным монтажом мы в дальнейшем будем называть «любительскими».

Радиолюбителю, который займется конструированием устройств с «заводским» печатным монтажом, придется самому переделать целый ряд деталей навесного монтажа для использования их на печатных платах. Самой распространенной деталью является ламповая панелька. Применение обычных ламповых панелек без переделки возможно только в печатных «любительских» схемах с двусторонним расположением деталей.

При «заводском» печатном монтаже, когда детали расположены на одной стороне платы, а печатный монтаж и все пайки — на другой стороне, обычные ламповые панельки непригодны и их нужно незначительно изменить. На рис. 15 показаны панельки для пальчиковых ламп, переделанные для использования в конструкциях с печатным монтажом. Переделка заключается в отгибании выводов. В центральное отверстие ламповой панельки вставляется винт с потайной головкой для крепления ее на плате. Соединение выводов ламповой панельки с печатной схемой показано на рис. 16.

Электролитические конденсаторы с креплением гайкой могут применяться только в «любительских» схемах. Для «заводских» печатных плат удобны электролитические конденсаторы старого типа без элементов крепления, в качестве которых используют хомутики с крепежными лапками, пропущенными через отверстия в плате и загнутыми с противоположной стороны, или же хомутики с креплением болтиками (рис. 15).

У потенциометров типа СП выводы отгибаются на 90°. Соединение выводов потенциометра со схемой показано на рис. 16.

У мелких деталей — сопротивлений, конденсаторов малой емкости и т. п. необходимо отогнуть выводы в одну сторону, причем рас-

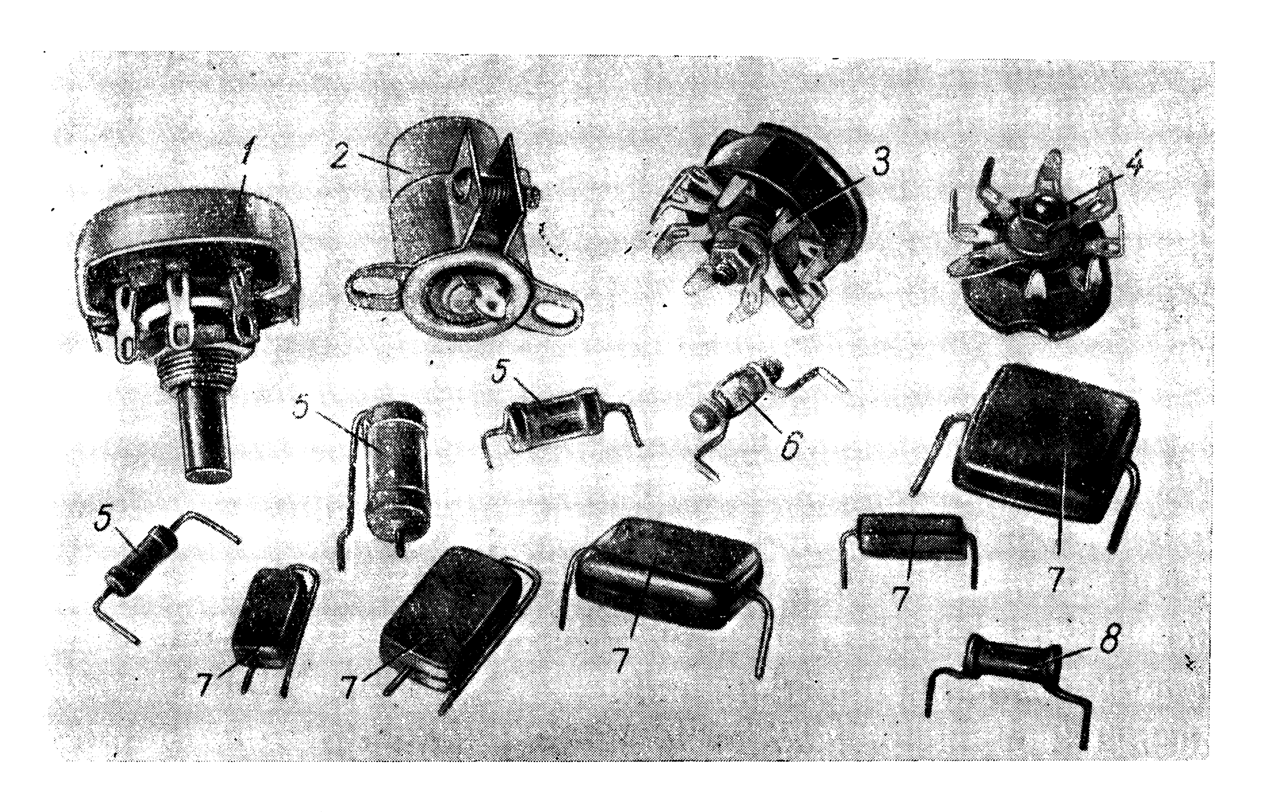


Рис. 15. Детали, приспособленные для монтажа на печатной плате.

1 — переменное сопротивление типа СП; *2* — электролитический конденсатор; *3* — девятиштырьковая панелька для пальчиковой лампы; *4* — семиштырьковая ламповая панелька; *5* — сопротивления типа МЛТ; *6* — германиевый диод типа Д2; *7* — конденсаторы слюдяные типа КСО; *8* — конденсатор керамический типа КТК.

стояние между отогнутыми выводами необходимо делать определенного размера для деталей одного и того же типа.

Большие детали, такие, например, как блоки переменных конденсаторов, трансформаторы и т. п., имеющие малое количество выводов, не обязательно переделывать, а можно, закрепив в печатной плате проволочные выводы соответствующей длины, припаивать их к выводам деталей. При закреплении выводов на плате необходимо следить за тем, чтобы они не могли перемещаться в отверстиях, в противном случае может произойти обрыв печатных проводников. Это замечание относится также и к закреплению мелких деталей — сопротивлений и конденсаторов.

Прежде чем приступить к конструированию панели с печатным монтажом, необходимо все детали, входящие в эту панель, вычертить в натуральную величину, а для деталей малогабаритной аппаратуры — в масштабе 2 : 1. Для облегчения этой работы в конце брошюры имеется вкладка с вычерченными наиболее употребительными деталями. Силуэты этих деталей надо перенести при помощи копировальной бумаги на ватман, а затем вырезать ножницами, надписав на каждой детали ее обозначение по принципиальной схеме. Нужны вырезки всех деталей принципиальной схемы.

Имея вырезки деталей, можно приступить к проектированию. При этом могут встретиться два варианта, в одном из которых мы уже имеем ориентировочные размеры платы. Эти размеры вытекают из общей компоновки радиоустройства, где габариты платы не имеют значения, так как другие детали занимают значительно большее место. Например, в блоке разверток телевизора деталью, определяющей размеры блока, является кинескоп, поэтому панели разверток могут быть выбраны достаточно большими. Иначе обстоит дело, когда нужно сконструировать малогабаритный радиоприбор, например переносный радиоприемник на транзисторах. В этом случае стремятся максимально использовать площадь платы и объем приемника, что создает большие трудности при проектировании.

Методику конструирования устройств с печатным монтажом мы рассмотрим на примере конструирования радиоприемника на транзисторах с настройкой на три фиксированные частоты. Схема приемника (отработана Б. Ф. Тверитиным) приведена на рис. 17. Это

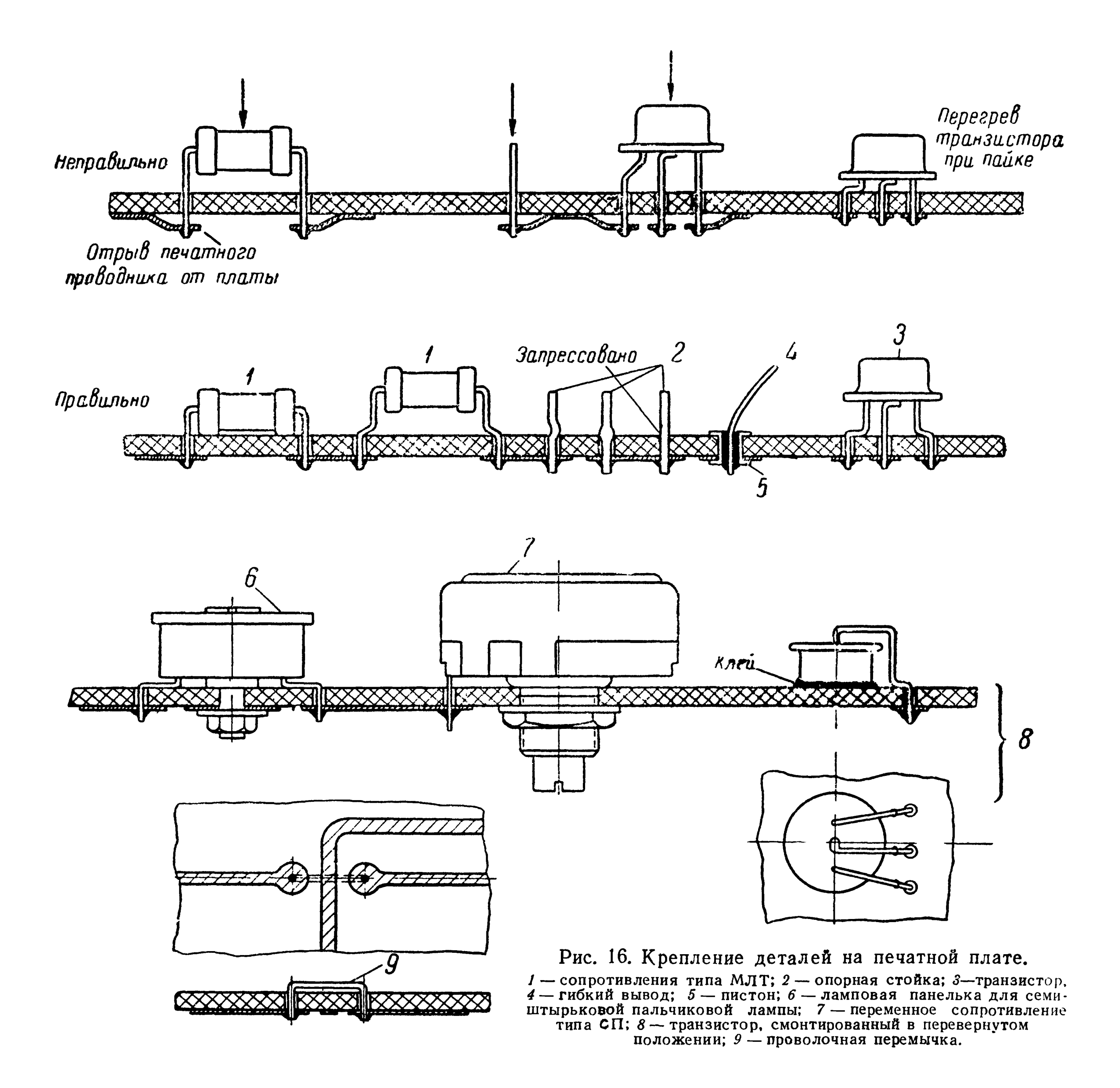


Рис. 16. Крепление деталей на печатной плате.

1 — сопротивления типа МЛТ; *2* — опорная стойка; *3* — транзистор, *4* — гибкий вывод; *5* — пистон; *6* — ламповая панелька для семиштырьковой пальчиковой лампы; *7* — переменное сопротивление типа СП; *8* — транзистор, смонтированный в перевернутом положении; *9* — проволочная перемычка.

простой рефлексный приемник, собранный по схеме 2-У-2 на двух триодах типа П6Г.

Конструирование устройств с печатными платами выполняется в несколько этапов. Вначале производится общая черновая компоновка устройства и грубое определение его размеров. Затем уточняют размеры и вычерчивают общий вид всего устройства и платы с печатным монтажом. После этого изготавливают объемный макет и вносят коррективы в чертежи общего вида и платы.

При конструировании печатного монтажа лучше всего пользоваться чертежной прозрачной бумагой или пергаментом, под который необходимо подложить миллиметровку, а еще лучше специально вычерченную тушью сетку. Вычерчивание такой сетки — трудоемкая работа, поэтому для облегчения ее при конструировании можно воспользоваться сеткой, приложенной к этой брошюре. Мелкой сеткой (размер клетки 1×1 *мм*) нужно пользоваться при окончательном вычерчивании малогабаритных плат с печатным монтажом, а более крупной (размер клетки 2×2 *мм*) — при конструировании узла с крупными деталями, а также при компоновке малогабаритных плат в масштабе 2 : 1.

Для выполнения чернового наброска компоновки платы на чертежную доску накалывают сетку с нужным размером клетки. Поверх нее двумя кнопками в верхних углах закреп-

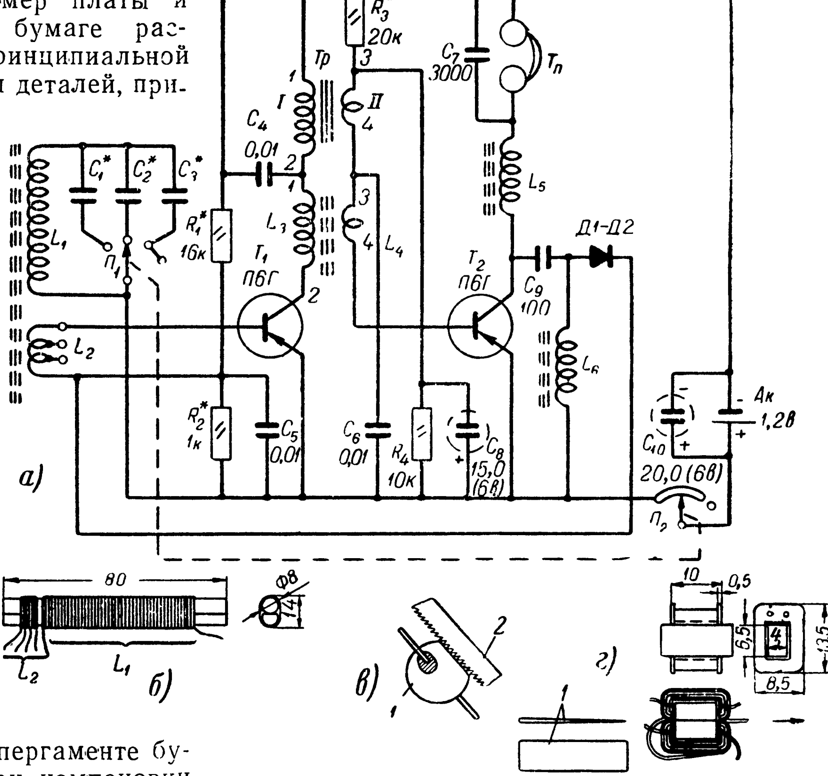


Рис. 17. Принципиальная схема и детали приемника на транзисторах.

а — принципиальная схема (L_3 — 100 витков провода ПЭШО 0,15, L_4 — 7 витков того же провода, L_5 и L_6 по 300 витков провода ПЭВ 0,06, намотка всех катушек производится на ферритовые кольца (μ=600) с наружным диаметром 7, внутренним 4 и высотой 2,5 *мм*), *б* — магнитная антенна (L_1 — 120 витков провода ПЭШЛО 0,07 × 7), L_2 — 20 витков провода ПЭШО 0,15, отводы от 10-го и 15-го витков); *в* — подгонка емкости конденсаторов C_1. C_2 и C_3 (*1*—конденсатор КДМ, *2* — напильник или точильный брусок); *г* — каркас трансформатора низкой частоты и намотка сердечника (*1* — клин, облегчающий намотку; стрелкой показано направление движения при укладке последнего витка пермаллоевой ленты).

ляют листок чертежной прозрачной бумаги, намечают предполагаемый размер платы и нумеруют сетку. Затем на бумаге раскладывают соответственно принципиальной схеме вырезанные ранее силуэты деталей, причем необходимо соблюдать правила монтажа любого радиоустройства, т. е. катушки индуктивности располагать так, чтобы между ними не было связи, разносить между собой провода сетки и анода и т. д. Соединительные провода печатной схемы необходимо располагать так, чтобы они не перекрещивались и были по возможности короткими.

Когда вырезанные из бумаги детали будут расположены в соответствии со схемой, их нужно перечертить на чертеж платы. Для этого, сняв деталь с чертежа платы, подкладываем ее под пергамент на то же место и обводим контур карандашом. Так поступаем со всеми деталями, после чего на пергаменте будет вычерчен черновой набросок компоновки платы. При черновой компоновке удобно детали соединять между собой сплошными непересекающимися линиями так, как если бы монтаж находился со стороны расположения деталей (рис. 18,*а*). При расположении деталей нужно учитывать их высоту, некоторые детали можно расположить друг над другом, например транзисторы П6Г можно располагать над сопротивлениями и конденсаторами. Это особенно удобно еще и потому, что пайку выводов транзисторов нужно делать не ближе 6 *мм* от баллона, в противном случае от перегрева транзистор может выйти из строя.

После того, как черновая компоновка завершена и все провода не перекрещиваются (если этого достичь не удается, можно поставить в местах перекрещивания проволочные перемычки, см. рис. 16), приступаем ко второй стадии проектирования — вычерчиванию печатной схемы, для чего переворачиваем пергамент с черновым наброском и совмещаем его снова с сетчатой подложкой (вкладкой). Таким образом, мы будем видеть схему проводов со стороны печатного монтажа (рис. 18,*б*). Для вычерчивания чистовой компоновки платы заготавливаем лист пергамента с сеткой (сетку перекопировать с вкладки на стр. 36—39). Лист пергамента переворачиваем и кладем на белый лист бумаги, при этом начерченная сетка будет просвечивать через пергамент и хорошо видна, а все то, что мы будем чертить, можно будет стирать резинкой, не повреждая сетку. У подготовленного таким образом пергамента нумеруем сетку согласно нумерации на сетке чернового наброска и переносим с чернового наброска точки крепления деталей. Все отверстия должны быть в точках пересечения сетки. Между отверстиями вычерчиваются провода печатного монтажа (рис. 18,*в*).

На проектировании проводов печатного монтажа следует остановиться подробнее. Провода выполняют разные функции в зависимости от цепей, в которых они находятся, и в соответствии с этим к ним предъявляются различные требования.

0 10 20 30 40 50 60 70 80
C_7 T_n R_3
C_{10} L_5 C_9 C_c T_p C_5
C_8 L_6 C_2 C_4 C_1 C_3 L_4 L_3
−1,2в +1,2в R_4 К Б T_2 Э Д2 К Б Э T_1 R_1 R_2
L_1 L_2

а)

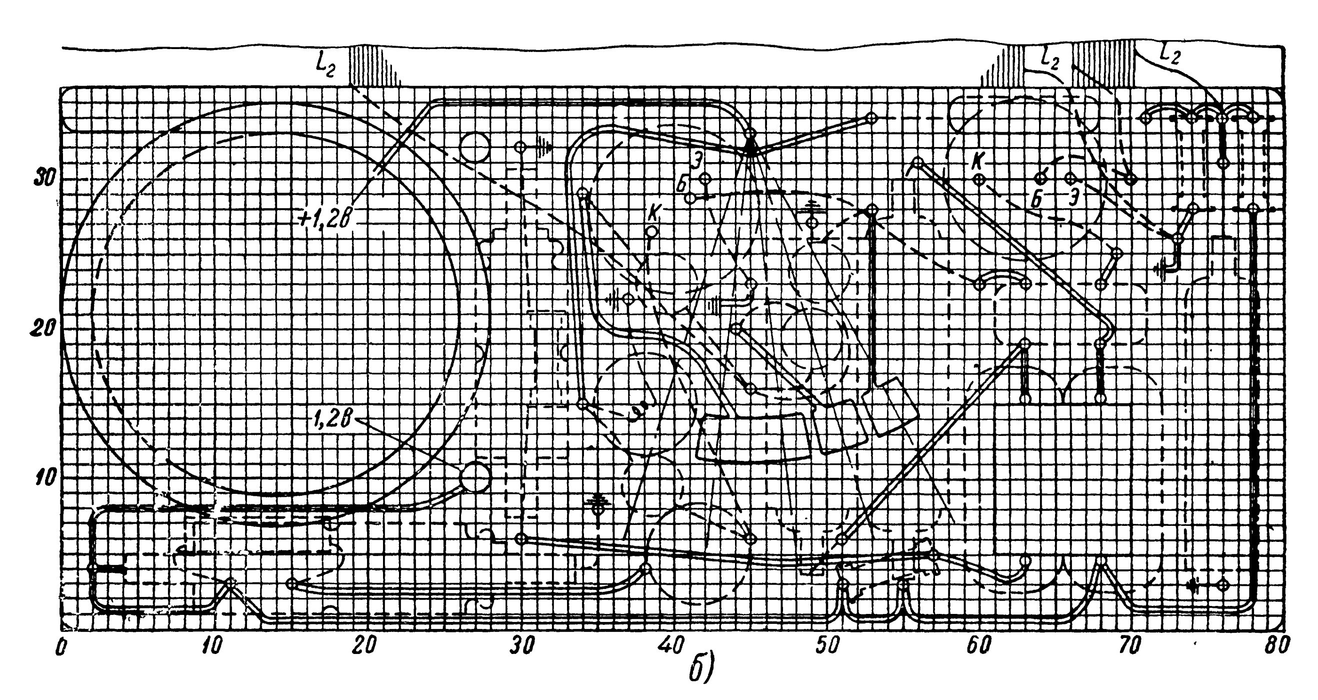
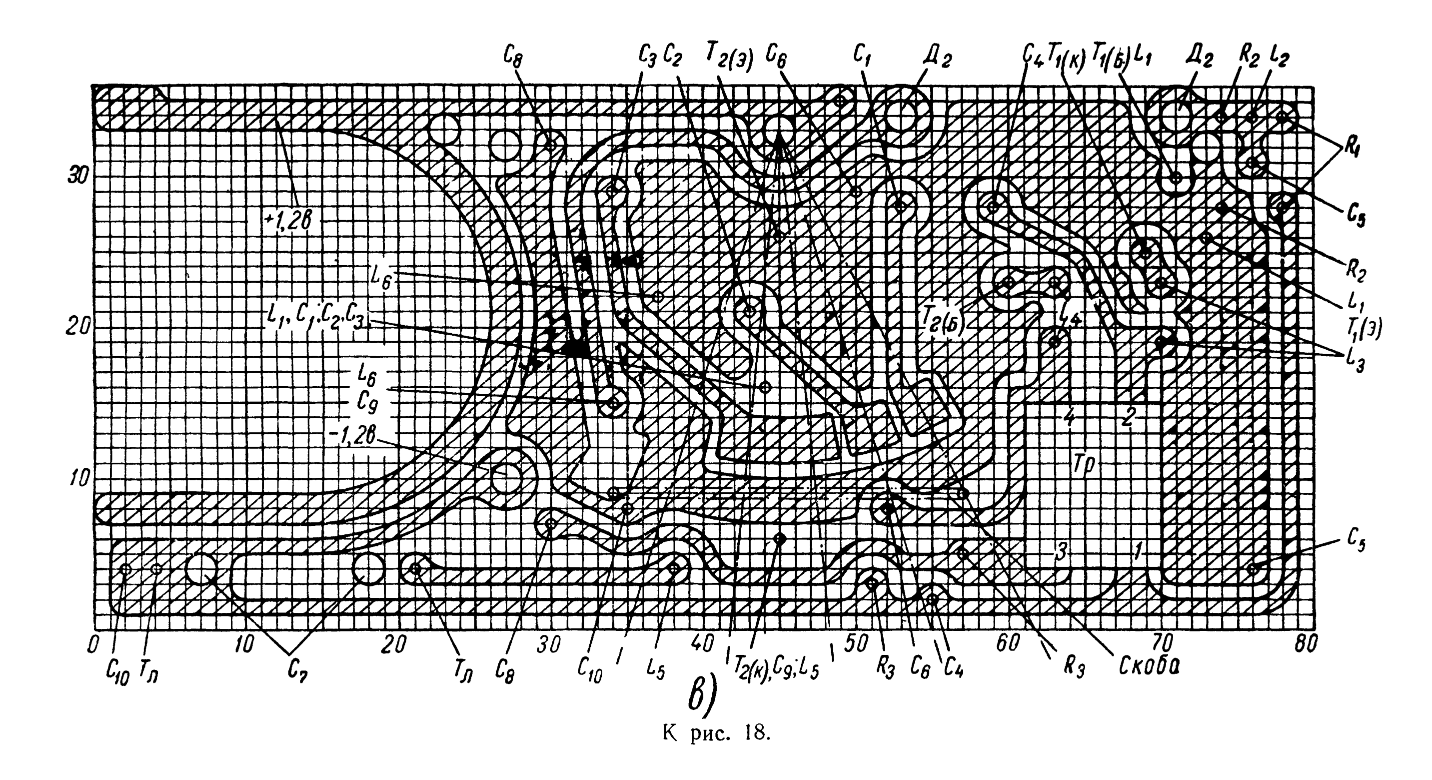


Рис. 18. Компоновка приемника на транзисторах.

а — первый этап компоновки приемника (вид со стороны расположения деталей, двойными линиями показаны будущие печатные проводники на обратной стороне платы), *б* — пергамент с начерченной компоновкой приемника перевернут, будущие печатные проводники (двойные линии) расположены на лицевой, а детали на обратной стороне платы; *в* — конструктивно оформленная печатная плата (расположение печатных проводников соответствует расположению их на рис. 18,*б*).



К рис. 18.

Ширина печатного проводника зависит в основном от силы тока, протекающего по нему, от допустимого падения напряжения на проводнике, механической прочности и возможности его изготовления. Печатные провода благодаря своей плоской форме, а следовательно, и большой теплоизлучающей поверхности хорошо отдают тепло и допускают большие плотности тока. Нормальной плотностью тока для печатных схем является 20 *а/мм²*. При этом провода практически не нагреваются. Печатные проводники выполняются обычно из фольги толщиной 0,05 *мм*, в этом случае на каждый миллиметр ширины проводника допускается ток 1 *а*.

При длинных проводниках, по которым протекают большие токи, бывает необходимо проверить падение напряжения на проводнике. Проверка производится по формуле

$$\Delta U = \frac{IRl}{1\,000},$$

где I — ток, *а*;

l — длина проводника, *мм*, а R — берется из табл. 1.

Расстояние между проводниками во избежание пробоя следует делать согласно размерам, приведенным в табл. 2.

Не следует промежутки между проводами делать слишком малыми, так как расстояние в 0,5 *мм* уже трудно выполнимо.

Все сказанное выше не относится к аппаратуре на транзисторах, где напряжения не превышают нескольких десятков вольт, а токи в большинстве случаев не бывают более 300 *ма*. Поэтому здесь расстояния между проводниками и их ширина определяются исключительно конструктивными и технологическими требованиями.

Проводники, расположенные на плате, должны иметь плавный переход от широкой

Таблица 1

Размеры проводника при толщине 50 *мк*		Сопротивление *R*, *ом*, проводника длиной 1 *м*
Ширина, *мм*	Сечение, *мм²*	
0,5	0,025	1
1	0,05	0,5
2	0,1	0,25
3	0,15	0,17

Таблица 2

Зазор между проводниками, *мм*	Допустимое рабочее напряжение, *в*
0,5	200
1	330
2	550
3	700

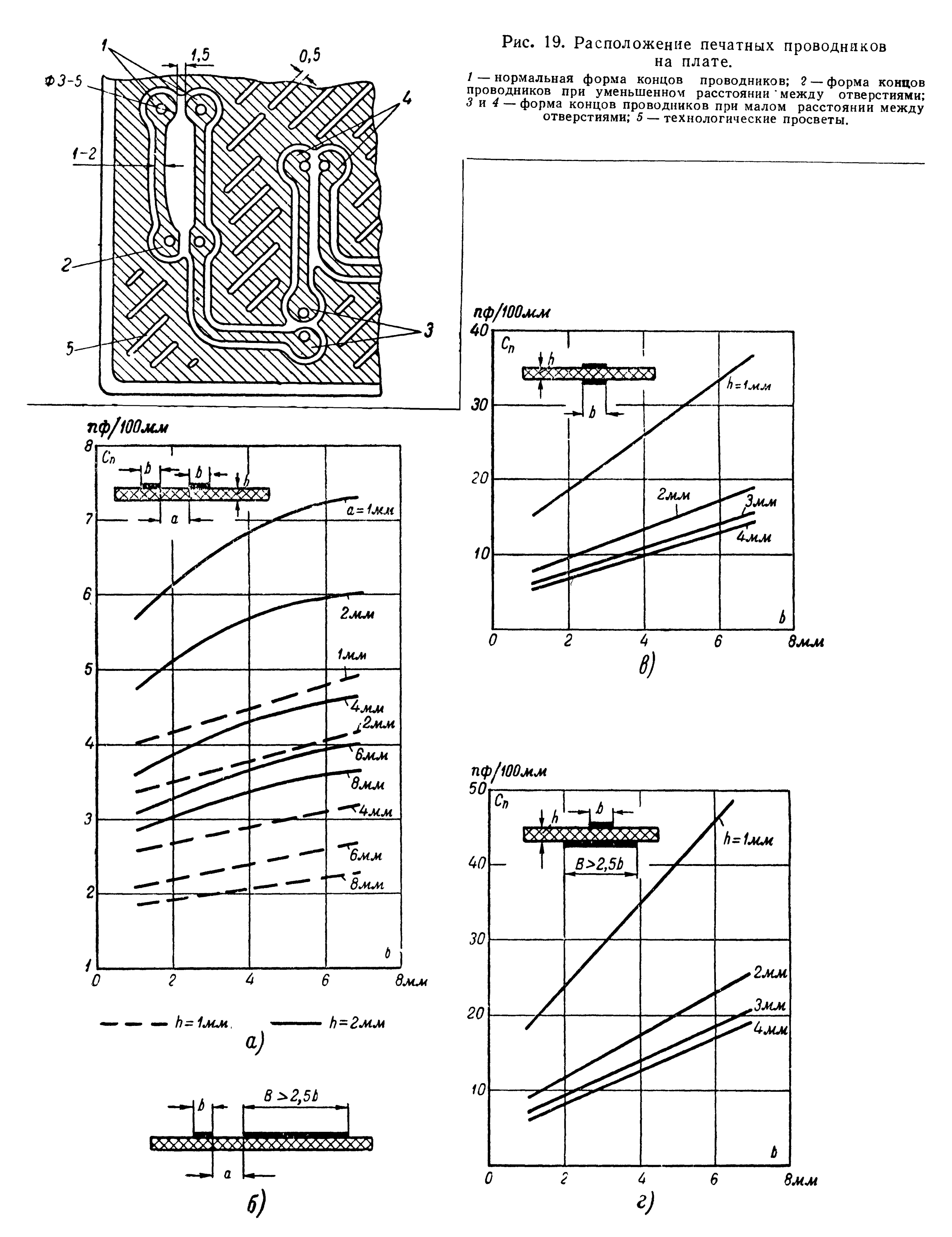


Рис. 19. Расположение печатных проводников на плате.

1 — нормальная форма концов проводников; 2 — форма концов проводников при уменьшенном расстоянии между отверстиями; 3 и 4 — форма концов проводников при малом расстоянии между отверстиями; 5 — технологические просветы.

Рис. 20. Графики для определения паразитной емкости печатных проводников.

части к узкой, а также плавный изгиб с внутренним радиусом не менее 2 *мм* при изменении направления проводника (рис. 19).

Участки фольги, не используемые как проводники, желательно оставлять на плате, соединяя их между собой и с заземленными частями прибора. Надо стремиться оставить на плате максимальное количество меди для того, чтобы сэкономить раствор хлорного железа при травлении фольги. При этом необходимо следить, чтобы из заземленной фольги не образовался короткозамкнутый виток вокруг катушки индуктивности, так как он ухудшает ее параметры.

В местах, где ширина проводников больше 5 *мм*, необходимо делать в меди щелевидные промежутки во избежание вспучивания и отставания фольги от подложки, которое происходит из-за выделения газов во время пайки погружением.

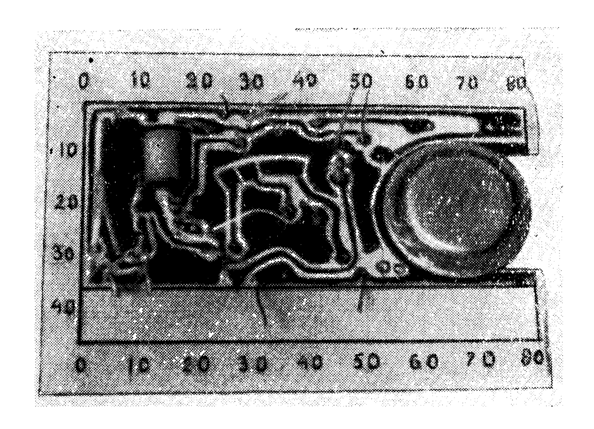
В некоторых случаях важно знать паразитную емкость между проводниками. Для определения паразитной емкости могут служить приведенные выше графики (рис. 20). В случае параллельного расположения проводников на одной стороне платы пользуются графиками рис. 20,*а* и *б*, а в случае расположения проводников на обеих сторонах платы (двусторонний монтаж) — графиком рис. 20,*в* и *г*. Несколько необычная размерность паразитной емкости — *пф* на 100 *мм* длины выбрана для наглядности и удобства пользования графиком, так как 100-*мм* отрезок проводника близок к действительным размерам его на печатной плате.

Из графиков видно, что при параллельном расположении проводников на одной стороне платы (рис. 20,*а*) паразитная емкость резко увеличивается при уменьшении расстояния *a* между ними и при увеличении толщины *s* изоляционной платы. В то же время она незначительно увеличивается при увеличении ширины проводника *b*.

В том случае, если проводники разной ширины (см. рис. 20,*б*), данные паразитной емкости, полученные по графику рис. 20,*а*, следует увеличить на 15—20%.

При проводниках, расположенных с обеих сторон платы, паразитная емкость возрастает при уменьшении толщины платы и при увеличении ширины проводника.

Точность приведенных графиков вполне достаточная для радиолюбительской практики.



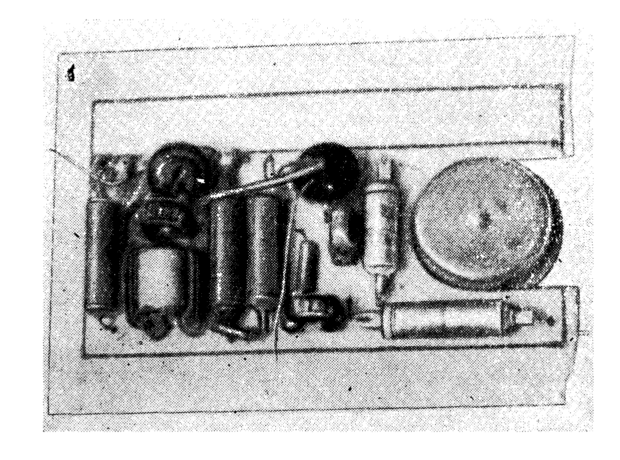


Рис. 21. Объемный макет приемника.
а — вид со стороны печатного монтажа; *б* — вид со стороны размещения деталей.

После того как выполнен чертеж печатной платы, желательно проверить, удачно ли размещены детали. Для этого нужно сделать объемный макет. Делается он так: на листке миллиметровки вычерчивается печатная плата в натуральную величину, затем миллиметровка наклеивается на картон, и в нем в точках крепления деталей делаются отверстия, в которых закрепляются детали монтажа (рис. 21). По этому макету производится корректировка чертежа платы, после чего можно приступить к осуществлению печатного монтажа.

Объемное макетирование обязательно, так как оно позволяет обнаружить допущенные ошибки.

Глава третья

ТЕХНОЛОГИЯ ПЕЧАТНОГО МОНТАЖА В ЛЮБИТЕЛЬСКИХ УСЛОВИЯХ

Большинство промышленных способов изготовления плат с печатным монтажом требуют сложного оборудования или наличия дефицитных деталей и химикатов. При разработке технологии изготовления печатного монтажа в радиолюбительских условиях были выбраны два способа: метод переводной картинки (декалькомания) и травление фольгированного гетинакса.

Сущность первого метода заключается в том, что схема, вырезанная из медной фольги и смонтированная на какой-либо подложке (например, бумаге), наклеивается на гетинакс, а подложка удаляется. Преимуществом этого метода является то, что для изготовления платы не требуется сложных приспособлений, а также никаких реактивов. Недостатком его является сравнительно большая трудоемкость.

Второй способ состоит в том, что на фольгированный гетинакс наносится кислотоупорной краской рисунок печатного монтажа, после чего незащищенные части фольги вытравливаются. Этот способ менее трудоемок, чем предыдущий, и недостатком его является необходимость в реактиве (хлорном железе), который в любительских условиях достаточно дефицитен.

СПОСОБ ПЕРЕВОДНОЙ КАРТИНКИ

Для изготовления платы по этому способу требуется: гетинакс толщиной от 1 до 2 *мм*, медная фольга толщиной 0,05 *мм*, клей БФ-2, клей универсальный, миллиметровка, копировальная и писчая бумага.

Из приспособлений требуются только две металлические пластины, между которыми зажимается плата при наклейке печатной схемы.

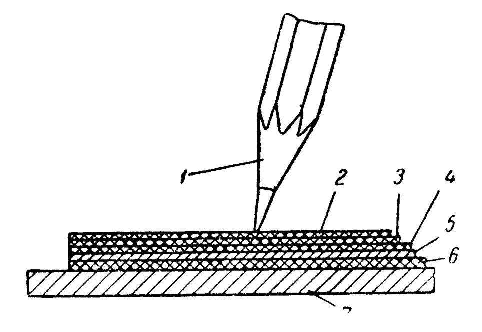


Рис. 22. Метод переводной картинки (первая операция).
1 — карандаш; *2* — миллиметровка с начерченной печатной схемой; *3* — копировальная бумага; *4* — пергамент или чертежная прозрачная бумага; *5* — медная фольга; *6* — ватман; *7* — металлическая пластина.

Под вычерченную в натуральную величину на миллиметровке печатную схему подкладываются последовательно: копировальная бумага, пергамент, фольга и, наконец, какая-либо подложка — толстая бумага или картон (рис. 22). Все листы скрепляются по краям скрепками, после чего полученная пачка кладется на ровный металлический лист и карандашом или металлической заостренной палочкой тщательно обводят контуры печатной схемы. После снятия скрепок мы получим пергамент, на котором будет виден четкий рисунок печатной схемы, такой же рисунок будет виден и на фольге в виде продавленных линий. Фольгу перед нанесением на нее рисунка надо обработать с одной стороны наждачной шкуркой для того, чтобы она лучше приклеилась к гетинаксу. Для этого фольгу кладут на стекло, и при помощи мелкой шкурки ее глянцевую поверхность делают шероховатой. При копировке фольгу кладут шероховатой стороной вниз. По контурам печатной схемы острыми ножницами вырезаем из фольги проводники будущей схемы и приклеиваем их глянцевой стороной универсальным клеем снизу к пергаменту (рис. 23). Очень важным является подбор клея для наклейки проводников на пергамент. Лучше всего для этой цели применять клей синдетикон или универсальный конторский клей (казеиновый). Совершенно не пригоден силикатный конторский клей, который не смачивает металл и поэтому не держится на медной фольге. Клей следует накладывать тонким слоем и при наклейке надо следить за точным совпадением контуров проводников с рисунком на пергаменте. Для точного совмещения печатных проводников с гетинаксовой платой снизу на пергамент приклеивается центрирующая рамка. Когда все проводники наклеены на пергамент, схема подготовлена для наклейки на гетинаксовую плату. Наклейку схемы на гетинаксовую плату нужно производить сразу после того, как схема смонтирована на пергаменте, иначе, если клей высохнет, проводники могут отделиться от пергамента. Гетинаксовая плата, на которую будет наклеиваться схема, должна быть обрезана так, чтобы она точно входила внутрь центрирующей рамки, наклеенной на пергамент. Кроме того, надо мелкой шкуркой протереть ту сторону гетинаксовой панели, к которой будет приклеена схема. В случае расположения проводников с двух сторон платы такую же рамку с монтажом делаем и

для другой стороны. Наклеиваются обе схемы одновременно с двух сторон платы.

При ознакомлении с подготовительными работами может возникнуть вопрос, почему сразу не наклеить проводники на гетинакс. Дело в том, что прочно приклеить клеем БФ проводники к платам не удается, так как клей недостаточно вязок и плохо удерживает проводники на гетинаксовой плате (они отклеиваются и смещаются). Универсальный клей достаточно прочно соединяет проводники с пергаментной подложкой. Вторым затруднением является нанесение рисунка схемы на гетинаксовую плату для указания местоположения печатных проводников. Если рисунок нанести через копировальную бумагу, то плата будет жирной и к ней плохо приклеятся проводники, а при последующем обезжиривании смывается рисунок. Отсюда видно, что необходим предварительный монтаж на пергаменте.

Вернемся к вопросу приклеивания проводников к гетинаксовой плате. Непосредственно перед приклеиванием матовые поверхности платы и проводников обезжириваются ацетоном, спиртом, грушевой эссенцией или любым другим растворителем. После этого обе склеиваемые поверхности покрываются тонким слоем клея БФ-2, которому дают подсохнуть в течение 10 *мин.* После того как клей подсохнет, вторично на поверхность проводников при помощи кисточки наносится уже толстый слой клея и накладывают подложку с проводниками на гетинаксовую плату. Весь пакет зажимают между двумя металлическими пластинами, которые стягивают винтами и выдерживают в таком виде в течение часа при комнатной температуре. После этого пакет помещают в духовку или держат над плитой, где пластины, нагретые до 120°, выдерживаются в течение 3 *ч.* После остывания пакет разбирается и с платы острым скальпелем или ножом соскабливается приклеенная к плате бумага-подложка. Для облегчения работы бумагу надо увлажнять. Когда вся бумага будет соскоблена с платы, плату и проводники, наклеенные на нее, шлифуют мелкой шкуркой и промывают растворителем. В плате рассверливаются отверстия для крепления деталей, и плата готова. При сверловке отверстий необходимо следить за тем, чтобы отверстия проходили через центр уширенных частей проводников.

Большие отверстия и отверстия для крепежа сверлятся по разметке.

Выполненная этим способом плата с печатным монтажом почти ничем не отличается по внешнему виду и качеству от платы, выполненной в заводских условиях. Проводники у нее прочно скреплены с гетинаксовой платой.

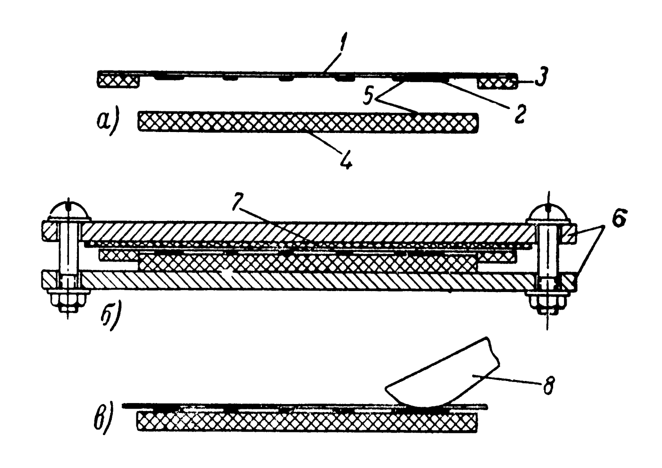


Рис. 23. Метод переводной картинки (наклейка схемы на плату).

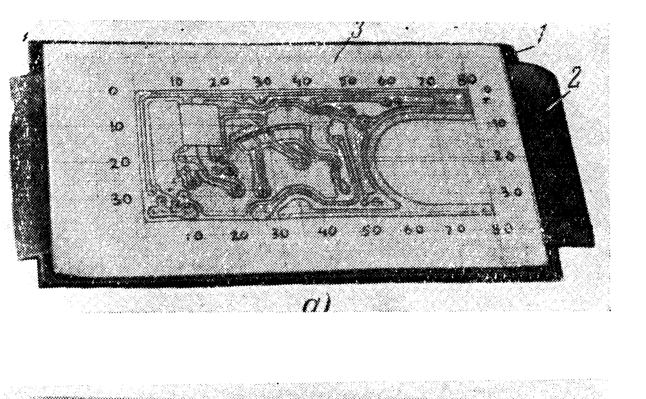
а — наклейка схемы (*1* — пергамент, *2* — печатные проводники, *3* — центрирующая рамка, *4* — гетинаксовая плата, *5* — матовые поверхности); *б* — полимеризация клея (*6* — металлические пластины, *7* — ватман); *в* — соскабливание подложки (пергамента) при помощи скальпеля *8*; *г* — готовая печатная плата.

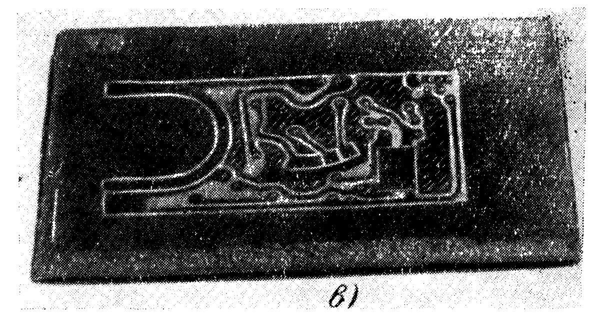
ЛЮБИТЕЛЬСКИЙ СПОСОБ ТРАВЛЕНИЯ ФОЛЬГИРОВАННОГО ГЕТИНАКСА

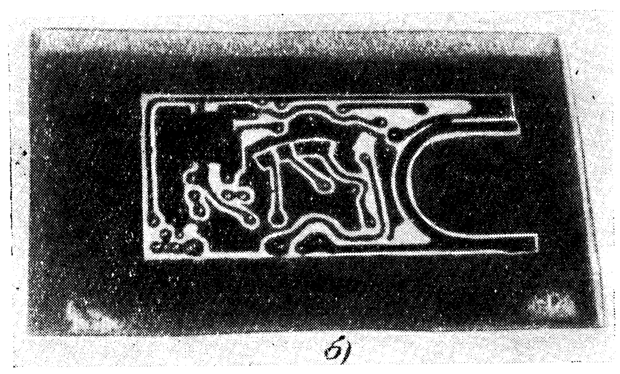
Изготовление плат с печатным монтажом по этому способу может быть выполнено в двух вариантах. В одном из них на фольгированный гетинакс при помощи копировальной бумаги переводится рисунок схемы с вычерченного в натуральную величину чертежа печатного монтажа, и керном через миллиметровку набиваются центры будущих отверстий (рис. 24,*а*). Те места фольги, которые должны оставаться на плате, закрашиваются асфальто-битумным лаком (рис. 24,*б*). При этом нужно пользоваться колонковой кисточкой № 2 или 3, а прямые линии можно проводить рейсфедером. Линии проводят по линейке, приподнятой над платой, для чего по краям ее подклеивают две планки.

Плату необходимо закрепить при помощи маленьких гвоздиков или кнопок на куске фанеры.

Как видно из рис. 24,*б*, изображение печатной схемы, выполненное густым асфальтобитумным лаком, получается довольно неряшливым. Нужно оставить рисунок таким, как есть, а после высыхания лака отретушировать,







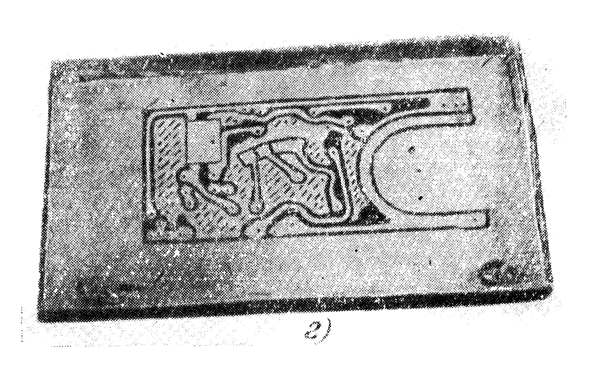


Рис. 24. Любительский метод травления фольгированного гетинакса.

а — перенесение рисунка печатной схемы на фольгированный гетинакс и кернение (*1* — фольгированный **гетинакс**, *2* — копировальная бумага, *3* — миллиметровка с рисунком печатной схемы); *б* — рисунок печатной схемы, закрашенный асфальто-битумным лаком; *в* — отретушированный рисунок печатной схемы; *г* — плата с печатной схемой после травления.

т. е. подправить и подчистить рисунок схемы. Ретушировать можно скальпелем, лезвием безопасной бритвы или специальным скребком, используемым для ретуши фотографий. Одновременно при ретушировании нужно по сплошным полям фольги процарапать под углом 45° ряд пунктирных линий (рис. 24,*в*). Отретушированную пластину подвергают травлению, для чего ее помещают в фарфоровую или пластмассовую фотографическую ванночку и заливают раствором хлорного железа ($FeCl_3$) плотностью 1,3. Если у радиолюбителя нет ареометра для проверки плотности раствора, то в граненый стакан помещают 150 *г* хлорного железа и заливают водой до краев. Полученный раствор будет иметь приблизительно нужную плотность.

Не следует раствор делать большой плотности — он очень медленно будет травить фольгу. Слабый же раствор будет быстро истощаться. Раствор хлорного железа сохраняется долго, его можно хранить в плотно закупоренной бутылке и пользоваться им по мере надобности. Хлорное железо гигроскопично, его надо хранить в широкогорлой, плотно закрытой банке.

Ванночку при травлении следует энергично покачивать. Схема полностью вытравливается за 50—60 *мин*. После травления с платы смывается скипидаром или ацетоном асфальтовый лак, затем плата промывается несколько раз попеременно то в холодной, то в кипящей воде. Вытравленная и промытая плата показана на рис. 24,*г*.

Если необходимо изготовить несколько печатных плат, например, в радиокружке, то удобнее для нанесения рисунка схемы на фольгированный гетинакс сделать клише. Для этого под миллиметровку с нанесенной на ней печатной схемой, вычерченной в зеркальном изображении, подкладывают копировальную бумагу и тонкий прессшпан (0,3—0,5 *мм*), после чего карандашом или заостренной палочкой контуры схемы переводят с миллиметровки на прессшпан, затем острыми ножницами из прессшпана вырезают элементы печатной схемы аналогично тому, как мы вырезали схему из медной фольги при изготовлении ее методом переводной картинки (рис. 25).

Миллиметровку, на которой вычерчена схема, клеем БФ-6 наклеивают на кусок прессшпана (рис. 25,*а*), а затем на нее наклеивают клеем БФ-6 вырезанные полоски. На собран-

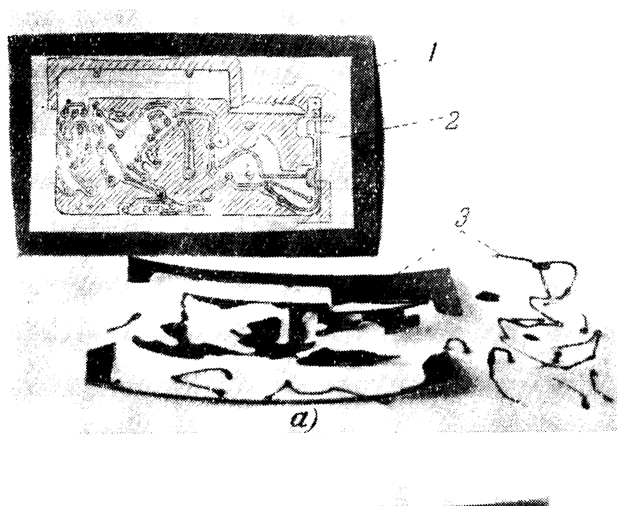


Рис. 25. Клише для печатания рисунка печатного монтажа на плате из фольгированного гетинакса.

а — детали клише (*1* — прессшпан, *2* — миллиметровка с рисунком печатного монтажа, *3* — выступающие части клише, вырезанные из прессшпана); *б* — готовое клише.

ную таким образом плату — клише с выпуклым рисунком монтажа — накладывают влажную тряпочку и прижимают ее горячим утюгом. По мере высыхания тряпочку увлажняют и операцию повторяют 3—4 раза. При этом следует следить за тем, чтобы полоски не сдвинулись при утюжке и лежали точно на контуре, вчерченном на миллиметровке. Общий вид клише показан на рис. 25,*б*.

Для того чтобы сделать на фольгированном гетинаксе отпечаток с клише, нужно на стеклянной пластинке раскатать типографскую краску резиновым валиком, который применяется для накатывания фотоотпечатков. Раскатывать краску следует по диагоналям стеклянной пластины, после чего валик покроется равномерным слоем краски. Клише кладется на какую-либо ровную поверхность выпуклым рисунком кверху и прикатывается несколько раз валиком с краской. Далее клише прикладывается к заготовке из фольгированного гетинакса и прикатывается другим, сухим валиком. После отделения клише от заготовки на фольге будет четкий рисунок печатной схемы. В тех местах, где краской должны быть закрыты большие поверхности, покрытие получается неравномерным. Тонкий слой типографской краски не сможет защитить фольгу при травлении и поэтому весь отпечатанный рисунок надо покрыть с помощью кисточки асфальто-битумным лаком. В дальнейшем обработка платы производится, как и в предыдущем случае. На рис. 26 приведены платы, выполненные этим способом.

Если у радиолюбителя нет фольгированного гетинакса, то он может сам наклеить фольгу на гетинакс. Для этого необходимо одну сторону фольги, а также гетинакса сделать шероховатой при помощи мелкой шкурки, после чего следует смазать как фольгу, так и гетинакс тонким слоем клея БФ-2 и дать ему подсохнуть 10—15 *мин*, затем смазать толстым слоем клея гетинакс и приложить к нему фольгу, при этом надо следить за тем, чтобы между фольгой и гетинаксом не было воздушных пузырьков. Гетинакс с приклеенной фольгой зажимается между двумя металлическими пластинами. Между фольгой и металлической пластиной надо проложить 2—3 листка ватмана. Для зажима можно использовать струбцинки или винты, для которых по краям пластин сверлятся отверстия. Собранный таким образом пакет выдерживается сначала в течение часа при комнатной температуре, а затем в течение трех часов при температуре 120° С.

ПАЙКА НАВЕСНЫХ ДЕТАЛЕЙ

Пайку деталей к печатным платам надо производить с большой осторожностью; сильный и длительный перегрев печатных проводников может привести к отставанию их от платы.

Для пайки следует применять оловянные

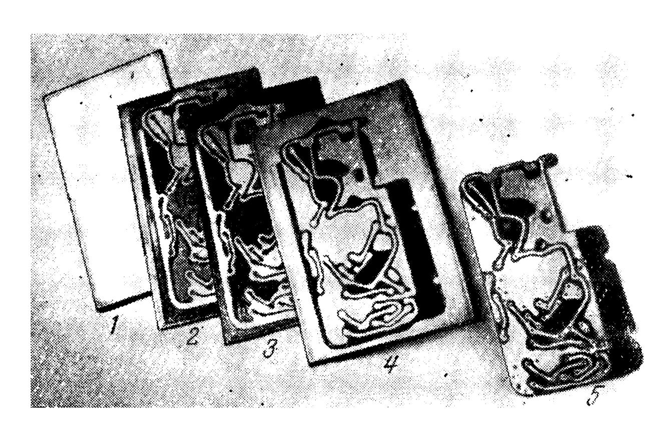


Рис. 26. Плата с печатным монтажом, выполненная с клише.

1 — фольгированный гетинакс; *2* — отпечаток с клише; *3* — отпечаток, закрашенный асфальто-битумным лаком; *4* — плата после травления; *5* — готовая плата

припои с низкой температурой плавления. Из оловяно-свинцовых припоев больше всего подходит ПОС-60, у которого температура плавления равна 198° С (состав припоя: 60% олова, 1% сурьмы и 39% свинца). Для пайки радиоаппаратуры на транзисторах желательно применять припои с более низкой температурой плавления, например, ПОК-56, у которого температура плавления равна 124° (состав припоя: 56% олова и 44% кадмия).

Для пайки лучше всего пользоваться так называемым трансформаторным паяльником, т. е. паяльником, у которого нагревательным элементом является петля из медного провода, подключенная ко вторичной обмотке трансформатора. Пользуясь обычным паяльником с диаметром жала 6—8 *мм*, можно перегреть при пайке печатные проводники. Для того чтобы избежать этого, на жало обычного паяльника надо навить несколько витков медной 2-*мм* проволоки, оставив прямой конец длиной 15 *мм*.

Такая насадка обеспечивает получение очень чистых и ровных паек.

Глава четвертая

ЛЮБИТЕЛЬСКИЕ КОНСТРУКЦИИ С ПЕЧАТНЫМ МОНТАЖОМ

Ниже приводятся описания двух радиолюбительских конструкций, одна из которых — малогабаритный приемник — выполнена с «заводским» печатным монтажом, а вторая конструкция — блок разверток телевизора собран на плате с «любительским» печатным монтажом.

МАЛОГАБАРИТНЫЙ РЕФЛЕКСНЫЙ ПРИЕМНИК

Этот приемник предназначен для приема местных радиовещательных станций на телефон от слухового аппарата. Приемник обеспечивает настройку на три фиксированные частоты.

Схема приемника была приведена на рис. 17, а внешний вид приводится на рис. 27. Это рефлексный приемник прямого усиления, собранный по схеме 2-У-2, на двух транзисторах типа П6Г. В качестве детектора использован германиевый диод Д1 или Д2.

Питается приемник от одной секции аккумулятора типа 2Д-02 (эти аккумуляторы установлены в выпущенных нашей промышленностью карманных фонариках). Аккумуляторы составлены из двух галет, соединенных последовательно. Для приемника нужна одна галета, поэтому галеты отделяются друг от друга при помощи отвертки, а соединительная шинка удаляется.

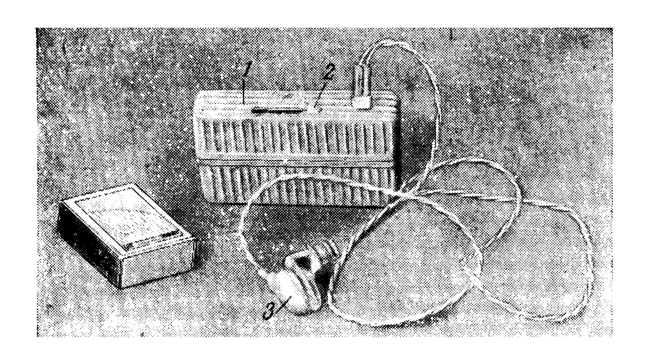


Рис. 27. Внешний вид приемника на транзисторах.
1 — корпус приемника (пластмассовая сигаретница); *2* — рычажок включения питания и переключения программ; *3* — телефон от слухового аппарата.

Конструкция приемника хорошо видна на рис. 28. Ввиду того что размеры приемника определились наличием готового корпуса с внутренними размерами 80×46×15 *мм*, при компоновке схемы встретились трудности в размещении деталей, и поэтому выводы у некоторых из них пришлось выгибать «по месту», а часть деталей (конденсаторы C_1, C_2 и C_3) монтировать на опорных стойках; это вызвано еще и тем, что величину емкости этих конденсаторов необходимо изменять при настройке приемника. Высокочастотный трансформатор L_3—L_4, а также высокочастотные дроссели L_5 и L_6 намотаны на ферритовых кольцах внешним диаметром 7 *мм* и внутренним — 4 *мм*. Высота кольца равна 2,5 *мм*. Для подключения к печатной плате эти детали имеют проволочные выводы из луженой проволоки диаметром 0,5 *мм*.

В приемнике применен самодельный трансформатор низкой частоты, который изготавливается следующим образом: на каркас, выполненный согласно чертежу (рис. 17,*г*), наматывается первичная обмотка, состоящая из 2 500 витков провода ПЭВ 0,06, и вторичная, содержащая 500 витков того же провода. Сверху обмотки кладется слой бумаги. Сердечник выполняется из куска ленты длиной 700 *мм*, шириной 6,5 *мм* и толщиной 0,05 *мм* из предварительно обработанного термически пермаллоя 80НХС, конец ленты пропускается через отверстие в каркасе и наматывается на каркас с обмотками до тех пор, пока не будет заполнена половина окна на каркасе, т. е. на 2 *мм*, для чего надо намотать 35—40 витков.

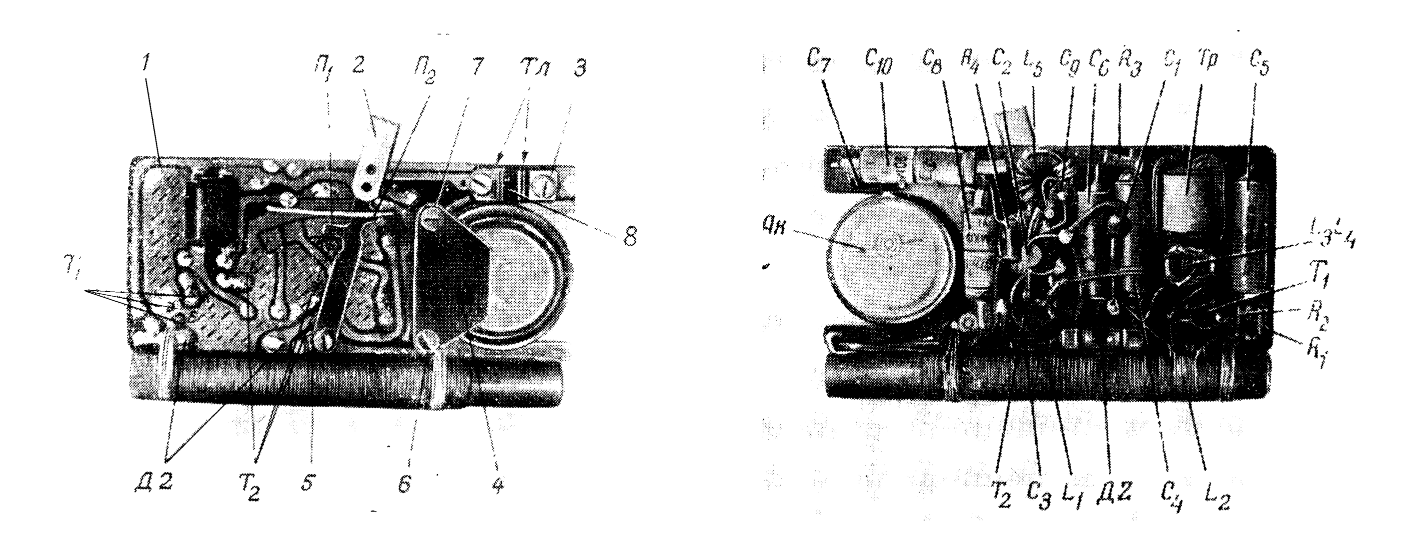


Рис. 28. Приемник, вынутый из кожуха.

1 — печатная плата; 2 — переключатель программ и выключатель питания; 3 — гнезда для включения телефона; 4 — контактная пластина; 5 — пружинящая шайба; 6 — изоляционная втулка; 7 — латунная втулка; 8 — изоляционная прокладка

Дальше таким же образом наматывается сердечник с другой стороны. К концу намотки будет затруднительно протягивать ленту через узкую щель в окне. Для облегчения этой задачи перед пропусканием ленты необходимо в окно катушки вставить и вынуть клин шириной 6,5 *мм*, который расширит щель в окне, после чего можно будет пропустить ленту. Выводы обмотки осуществляются скрученным втрое проводом самой обмотки. Из-за недостаточных габаритов кожуха приемника трансформатор пришлось поместить в специальное отверстие, сделанное в плате, и укрепить клеем БФ-2. Выводы обмоток трансформатора припаиваются непосредственно к печатным проводникам и закрашиваются краской или клеем БФ-2 во избежание повреждений.

В конструкцию приемника входит несколько механических деталей. Это ползунок для переключения программ и включения питания, гнезда включения телефона и контакт для подсоединения аккумулятора. Чертежи этих деталей приведены на рис. 29. Ход ползунка переключателя ограничивает проволочная скоба. Фиксация положения переключателя осуществляется зубцами в прорези крышки корпуса, через которую проходит рычажок переключателя программ.

Описание изготовления печатной платы этого приемника приведено в гл. 3. Когда приемник собран, можно приступить к его настройке. Для этого вместо конденсаторов C_1, C_2 или C_3 временно подсоединяют конденсатор переменной емкости с твердым диэлектриком. Правильно собранный приемник работает сразу, и при вращении ротора переменного конденсатора будут слышны те или иные радиостанции. Подбором сопротивлений R_1, R_2 и R_3 и числа витков L_2 можно улучшить работу приемника.

Следует отметить, что на этот приемник трудно получить громкий прием трех радиостанций. Обычно нормально принимается одна станция, а две остальные тихо. Объясняется это тем, что в приемнике настраивается только один контур L_1, C_{1-3} и не изменяется число витков катушки связи L_2 при переключении на другую станцию. Если сделать переключатель, изменяющий одновременно с L_1, C_{1-3} также емкость контура в коллекторе транзистора T_1 и переключающий витки L_2, то можно получить достаточно громкий прием трех станций. Но эта задача при сохранении существующих размеров приемника весьма сложна.

После того как вращением конденсатора будут найдены настройки на все радиостанции, которые мы хотим зафиксировать, необходимо точно замерить величину емкости переменного конденсатора при настройках на желаемые станции. Таким образом мы определим величины емкости конденсаторов C_1, C_2 и C_3, которые потребуют подгонки. Для этого берем конденсатор типа КДМ, величина емкости которого немного выше необходимой величины, и, спиливая у него край при помощи напильника или наждачного бруска, доводим его емкость до нужного значения (см. рис. 17,*в*), после чего впаиваем конденсатор в приемник, отсоединив предварительно конденсатор переменной емкости.

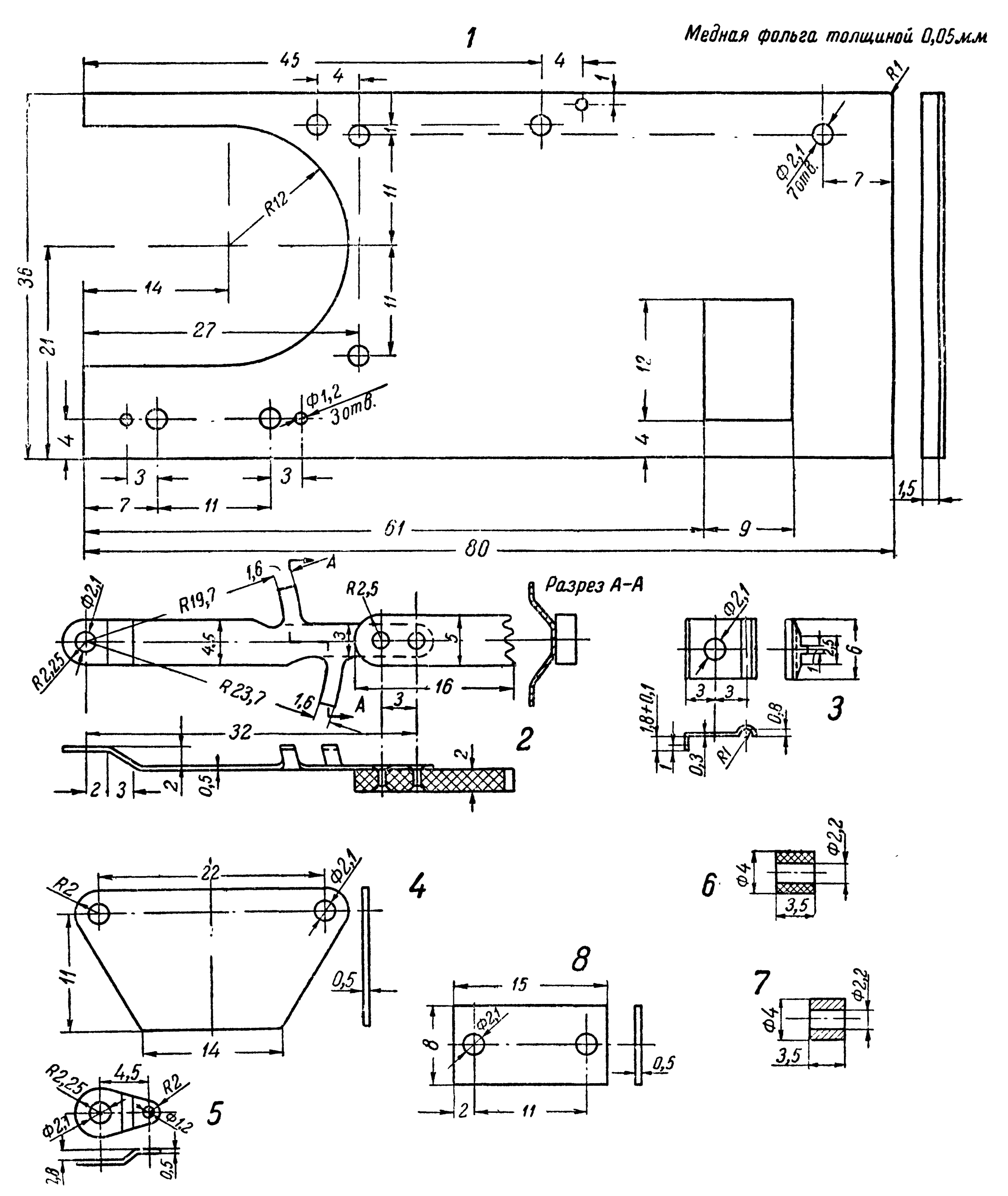


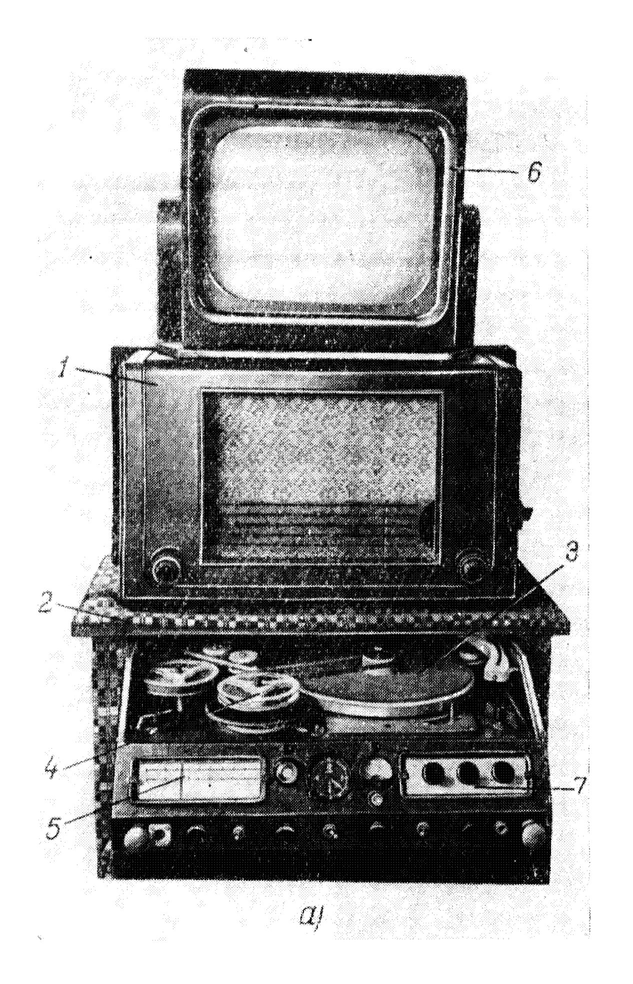
Рис. 29. Детали приемника на транзисторах.

1 — печатная плата из фольгированного гетинакса (расположение печатных проводников дано на рис 18,*в*); *2* — переключатель (фосфористая бронза, ручка из белого оргстекла); *3*—гнезда для включения телефона (бронзовые, 2 шт.); *4* — контактная пластина для подключения минусового контакта аккумулятора (бронзовая); *5* — пружинящая шайба (бронзовая), *6* — изоляционная втулка (текстолитовая); *7* — латунная втулка; *8* — изоляционная прокладка (текстолитовая).

БЛОК РАЗВЕРТОК ТЕЛЕВИЗОРА

Прежде чем приступить к описанию этого блока, следует пояснить, какие цели преследует выделение его из всей схемы телевизора. Дело в том, что все промышленные конструкции телевизоров и большинство радиолюбительских выполнены в виде одного шасси, на котором собран весь телевизор. В ряде случаев имеется разделение на отдельные блоки, но все же они тесно органически связаны друг с другом. Это затрудняет внесение изменений в схему и конструкцию телевизора. Сосредоточение большого количества деталей на одном шасси неизбежно приводит к тому, что такой телевизор трудно налаживать и ремонтировать; доступ к деталям у него затруднен, а детали находятся в тяжелом тепловом режиме.

Радиолюбитель не связан необходимостью изготовления телевизора в виде одного компактного устройства, поэтому он может выполнить его в виде установки, соединенной с рядом других радиоустройств, и выполнить все это по такой блочной системе, у которой отдельные блоки не связаны конструктивно друг с другом. Блок разверток как раз и является частью такой установки (рис. 30), состоящей из радиовещательного приемника (заводского или самодельного), установленного на столике. В выдвижном ящике столика смонтированы выпрямитель-автотрансформатор телевизора, проигрыватель, магнитофон и ЧМ приставка. На радиовещательном приемнике установлен блок разверток телевизора. На выдвижном ящике укреплен выносной пульт управления телевизора. Сзади радиовещательного приемника укреплен ПТП-1,



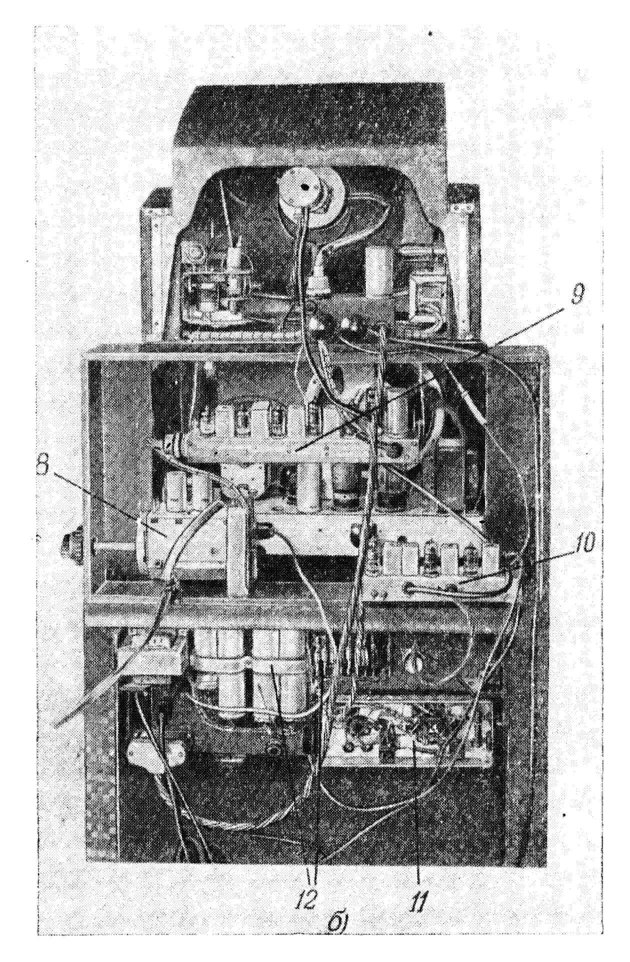
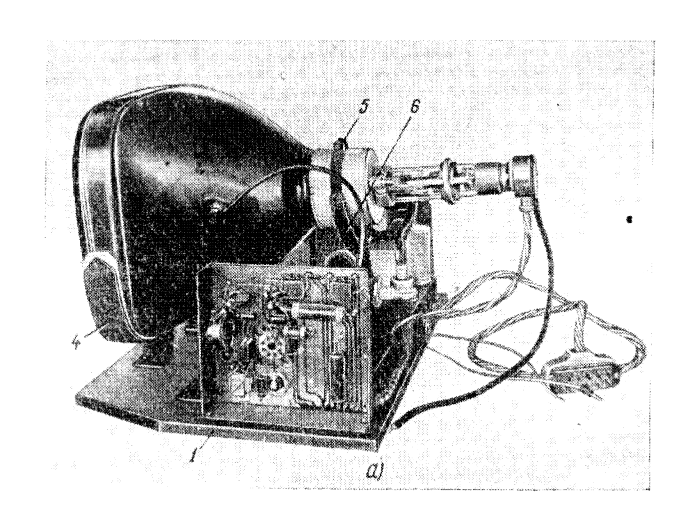


Рис. 30. Комбинированная радиоустановка.

а — вид спереди; *б* — вид сзади (*1* — радиовещательный приемник, *2* — столик, *3* — граммофонный проигрыватель, *4* — магнитофон, *5* — ЧМ приемник, *6* — блок разверток и кинескоп, *7* — выносной пульт управления телевизором, *8* — ПТП-1, *9* — линейка усилителя промежуточной и видеочастоты, *10* — приемник звукового сопровождения, *11* — усилитель магнитофона, *12* — выпрямитель).



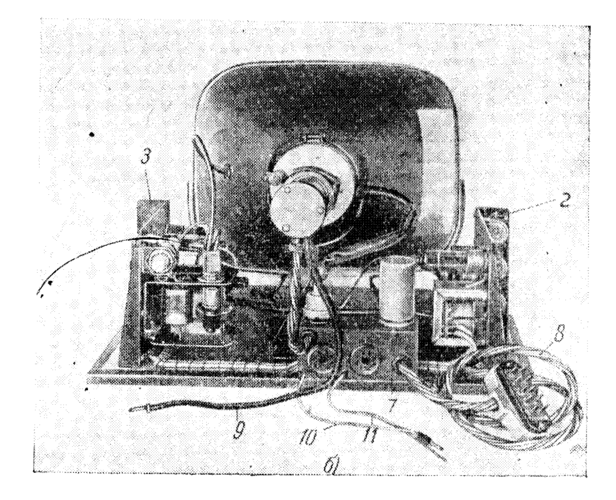


Рис. 31. Блок разверток.

а — вид со стороны панели строчной развертки; *б* — вид сзади (*1* — фанерная плата, *2* — печатная плата амплитудного селектора и кадровой развертки, *3* — плата строчной развертки, *4* — пружинные детали, удерживающие колбу кинескопа, *5* — хомут, крепящий отклоняющую систему, *6* — вилка, *7* — щиток питания и коммутации, *8* — шланг питания, *9* — провод модуляции кинескопа, *10* — провод регулировки контрастности, *11* — провод регулировки громкости).

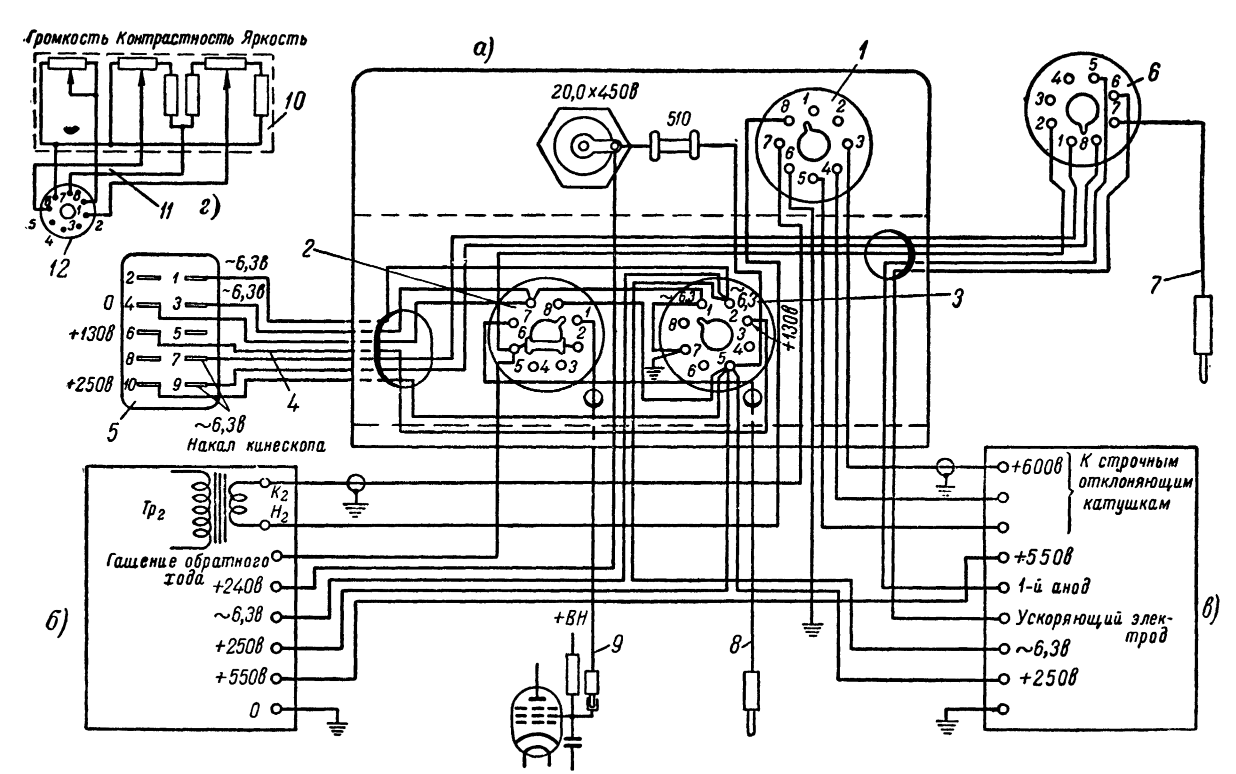


Рис. 32. Схема щитка питания и коммутации.

а — щиток (*1* — ламповая панелька для включения разъема отклоняющей системы, *2* — ламповая панелька для включения выносного пульта управления телевизора, *3* — ламповая панелька для включения шланга питания приемников изображения и звука, *4* — шланг питания телевизора, *5* — разъем для подключения телевизора к блоку питания, *6* — ламповая панелька кинескопа 35ЛК2Б, *7* — провод модуляции кинескопа, *8* — провод регулировки контрастности, *9* — провод регулировки громкости); *б* — плата амплитудного селектора и кадровой развертки; *в* — плата строчной развертки; *г* — выносной пульт управления телевизором (*10* — пульт, *11* — пятипроводный шланг, *12* — разъем).

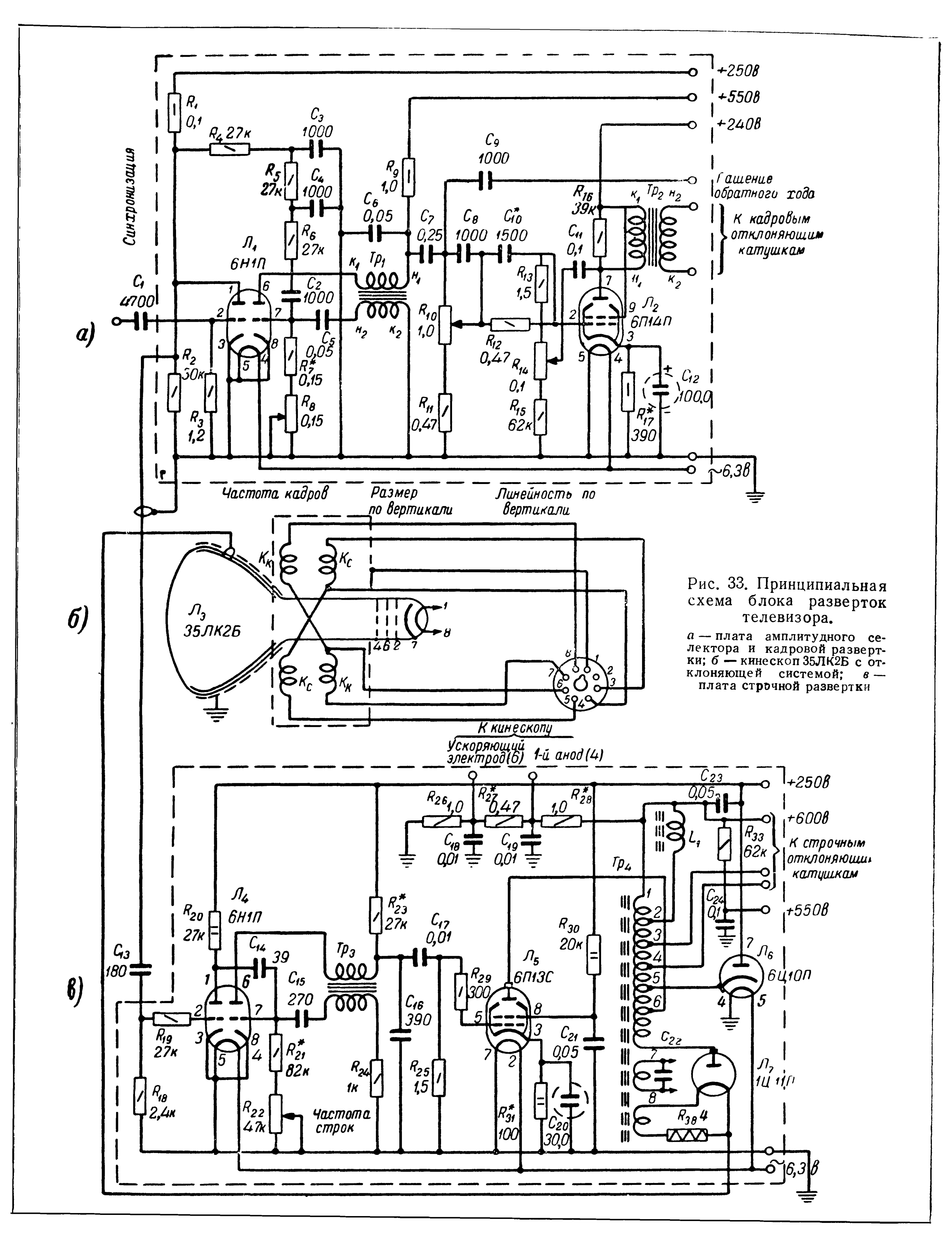
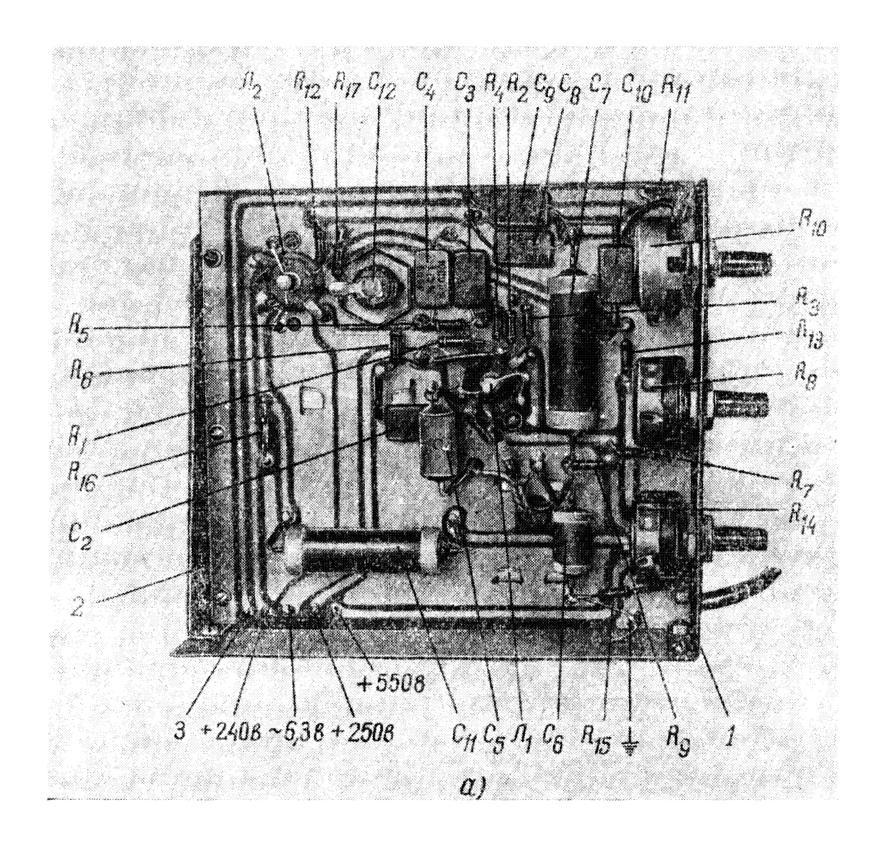


Рис. 33. Принципиальная схема блока разверток телевизора.

а — плата амплитудного селектора и кадровой развертки; *б* — кинескоп 35ЛК2Б с отклоняющей системой; *в* — плата строчной развертки



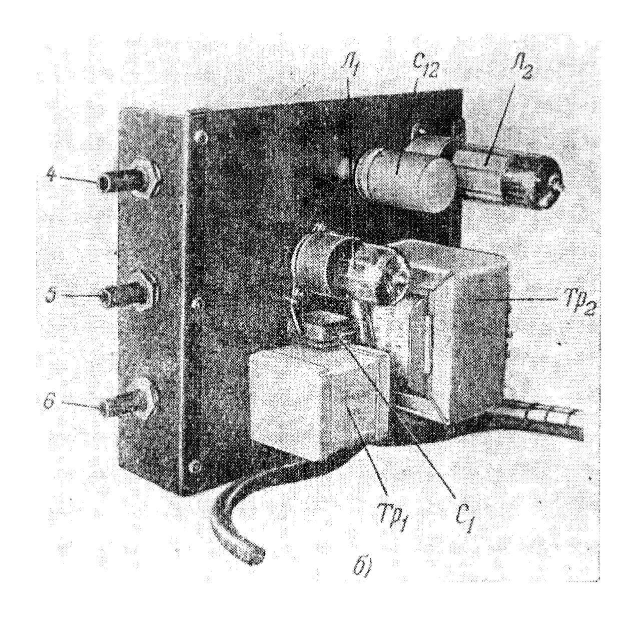


Рис. 34. Панель амплитудного селектора и кадровой развертки.

а — вид со стороны печатного монтажа (*1* — передний угольник с потенциометрами, *2* — задний угольник, *3* — гашение обратного хода); *б* — вид со стороны размещения крупных деталей (*4*—ручка вертикального размера, *5* — ручка частоты кадров, *6* — ручка линейности по вертикали).

усилители промежуточной частоты изображения и звука, усилитель магнитофона и детали выпрямителя. На рис. 30 хорошо видно, что любая часть установки доступна и ее легко можно сменить, не затрагивая другие.

Блок разверток собран на фанерной плате *1* (рис. 31), на которой укреплены с одной стороны вертикальная печатная плата амплитудного селектора и кадровой развертки *2*, а с другой — плата строчной развертки *3*. В центре установлен кинескоп 35ЛК2Б.

Принципиальная схема блока приведена на рис. 33 (использована схема развертки телевизора «Рекорд»), а монтажная схема щитка — на рис. 32. Блок разверток собран из унифицированных деталей.

ПЛАТА АМПЛИТУДНОГО СЕЛЕКТОРА И КАДРОВОЙ РАЗВЕРТКИ

Этот узел состоит из платы с печатным монтажом (рис. 34), укрепленной вертикально при помощи деталей *1* и *2*. На детали *1* установлены потенциометры регулировки линейности, частоты строк и вертикального размера. На рис. 34 показан вид этой платы со стороны печатного монтажа, а на рис. 34,*б*— со стороны размещения крупных деталей. Так

как эти платы не предназначены для серийного выпуска, а являются радиолюбительской конструкцией, то такое их выполнение вполне оправдывается возможностью легкой замены деталей, что облегчает ремонт и настройку. Опорные стойки для крепления деталей выполнены из латунной или медной проволоки диаметром 1 *мм* и длиной 12 *мм*. Стойки запрессовываются в отверстия в плате. Для того чтобы стойки прочно держались в плате, с одной стороны они выполняются коническими, а отверстия в плате делаются на 0,01 или 0,02 *мм* меньше, чем диаметр стойки. Для удобства запрессовки стоек служит несложное приспособление, показанное на рис. 35. Состоит оно из пробойника, в торце которого просверлено отверстие диаметром 1,2 *мм* на глубину 4,5 *мм*. В это отверстие вставляется стойка так, чтобы наружу выступал заточенный конец, который вставляется в отверстие платы, после чего ударами молотка по пробойнику стойка запрессовывается в плату. При запрессовке стойки под плату подкладывается шайба. Сама печатная плата может быть выполнена одним из способов, приведенных в гл. 3. Чертеж платы дан на рис. 36,*а*. Конструкция этой платы не предусматривает установки потенциометров непосредственно на плате. При желании это можно сделать, тогда к плате добавляется часть, показанная на рис. 36,*б*.

ПЛАТА СТРОЧНОЙ РАЗВЕРТКИ

Плата строчной развертки тоже выполнена одним из способов, перечисленных в гл. 3. Общий вид платы со стороны монтажа показан на рис. 37,*а*, а со стороны размещения крупных деталей — на рис. 37,*б*. Чертеж платы дан на рис. 38,*б*. Из всех этих рисунков можно получить полное представление о плате без дополнительных разъяснений. В остальном к ней относится все сказанное относительно платы амплитудного селектора и кадровой развертки. Плату тоже можно выполнить с ручками управления, выведенными на боковую стенку, чертеж такой платы дан на рис. 38,*а*.

Описание блока разверток телевизора приведено здесь только для иллюстрации возможности любительского изготовления радиоап-

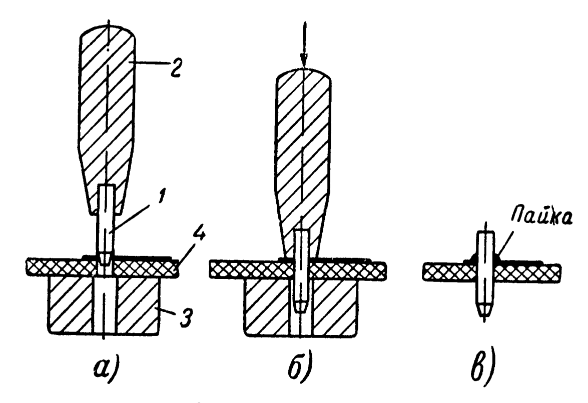


Рис. 35. Запрессовка стойки.

а — установка стойки (*1* — стойка, *2* — оправка, *3* — подкладка, *4* — печатная плата); *б* — запрессовка стойки; *в* — запрессованная стойка.

паратуры с печатной схемой. В наши задачи не входило давать полное описание всей комбинированной радиоустановки. В ряде мест не даны номиналы сопротивлений (выносной пульт управления телевизора). Сделано это сознательно, потому что величина этих сопротивлений зависит от данных остальной части схемы телевизора и от режима ее работы.

В заключение необходимо сказать о защитном покрытии печатных плат.

Печатные платы обязательно нужно покрыть лаком для улучшения изоляции между проводниками и для защиты последних от коррозии. При «заводской» печатной схеме ее лакируют после того, как смонтированы и припаяны все детали. «Любительские» печатные платы лакируют до припайки деталей, но после запрессовки опорных стоек и припайки их к печатным проводникам. При этом надо следить за тем, чтобы не лакировать сами опорные стойки, так как это затруднит припайку деталей к ним.

В качестве лака в радиолюбительских условиях лучше всего использовать клей БФ-2, этим клеем при помощи мягкой кисточки закрашивают плату и сушат ее в течение 3—4 *ч* при температуре 60—70° С.

Иногда после покрытия платы клеем БФ-2 на слое клея появляются белые пятна, которые при сушке пропадают и пленка высохшего лака становится прозрачной и глянцевитой. Покрывать плату клеем нужно два раза.

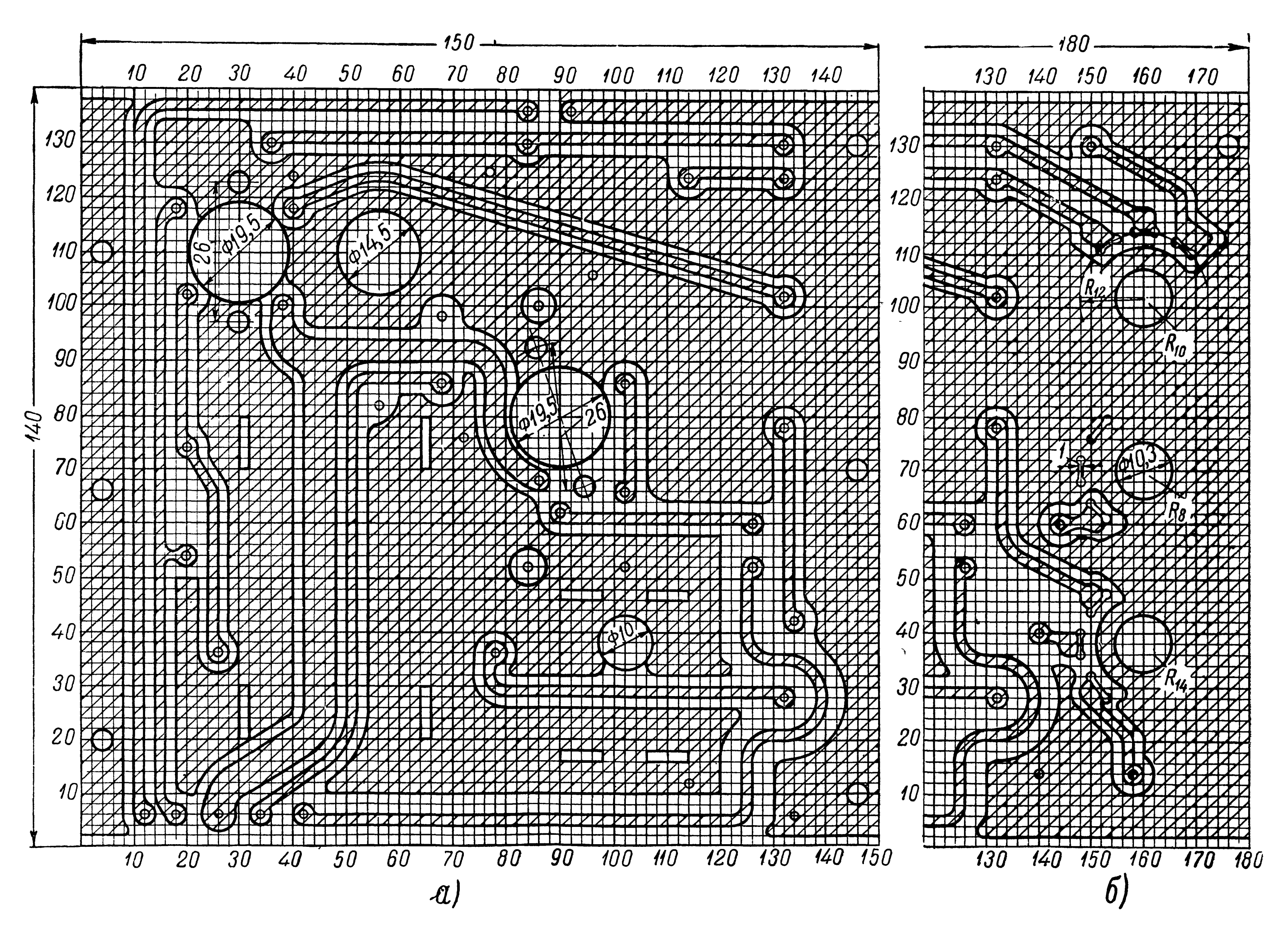
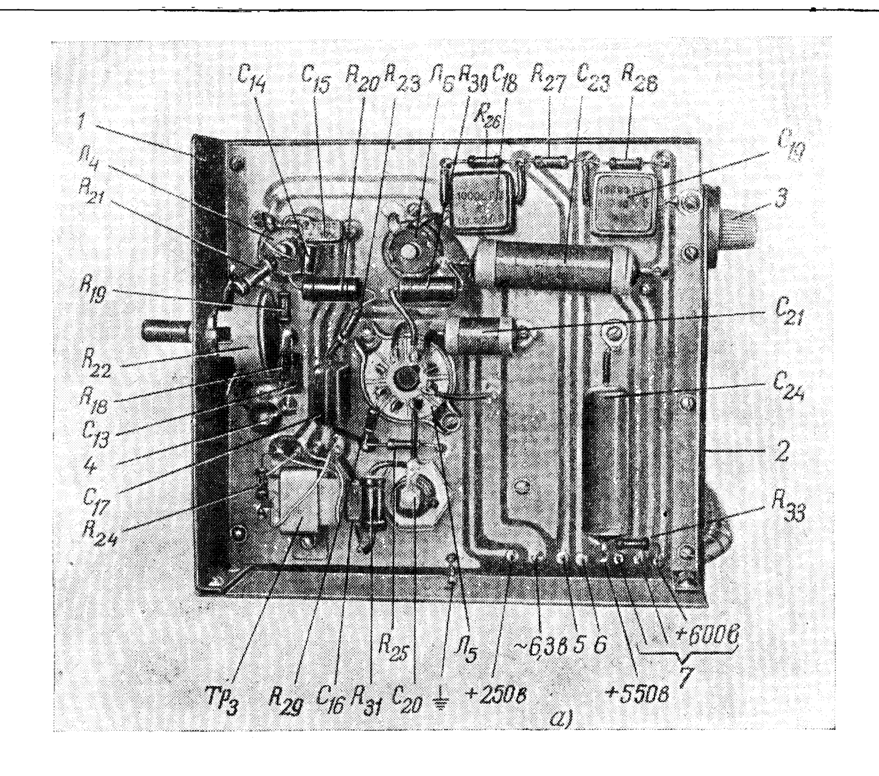


Рис. 36. Чертеж платы амплитудного селектора и кадровой развертки.



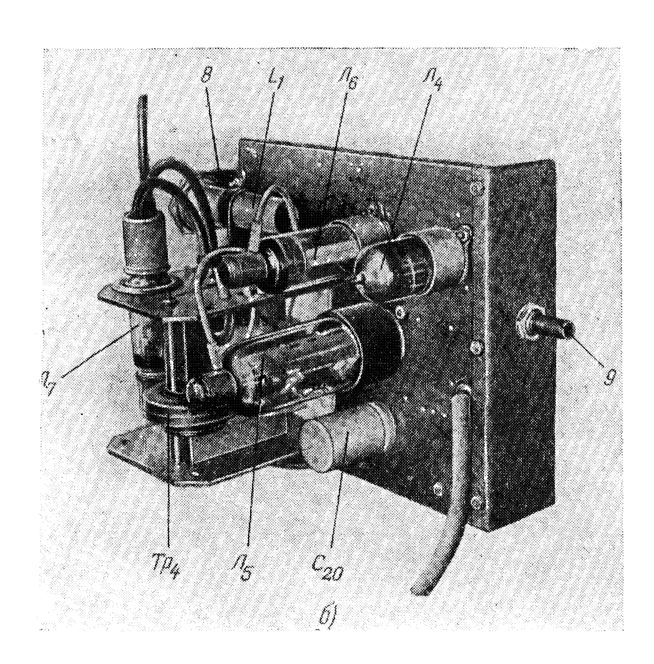


Рис. 37. Панель строчной развертки.

а — вид со стороны печатного монтажа (*1* — передний угольник с потенциометром, *2* — задний угольник, *3* — ручка размера строк, *4* — синхронизация, *5* — ускоряющий электрод, *6* — первый анод, *7* — к строчным отклоняющим катушкам); *б* — вид со стороны размещения крупных деталей (*8* — кронштейн для крепления катушки L_1, *9* — ручка частоты строк).

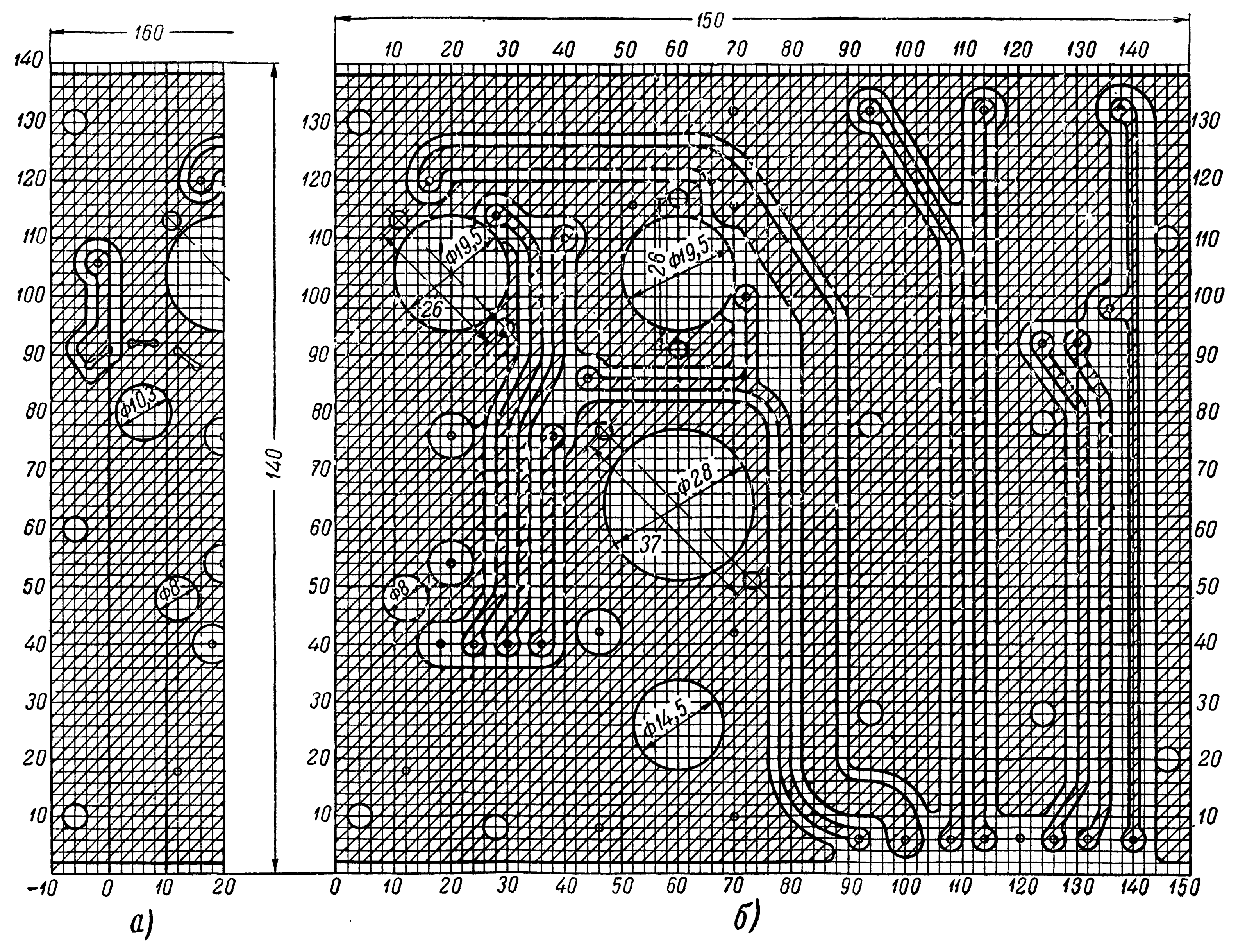
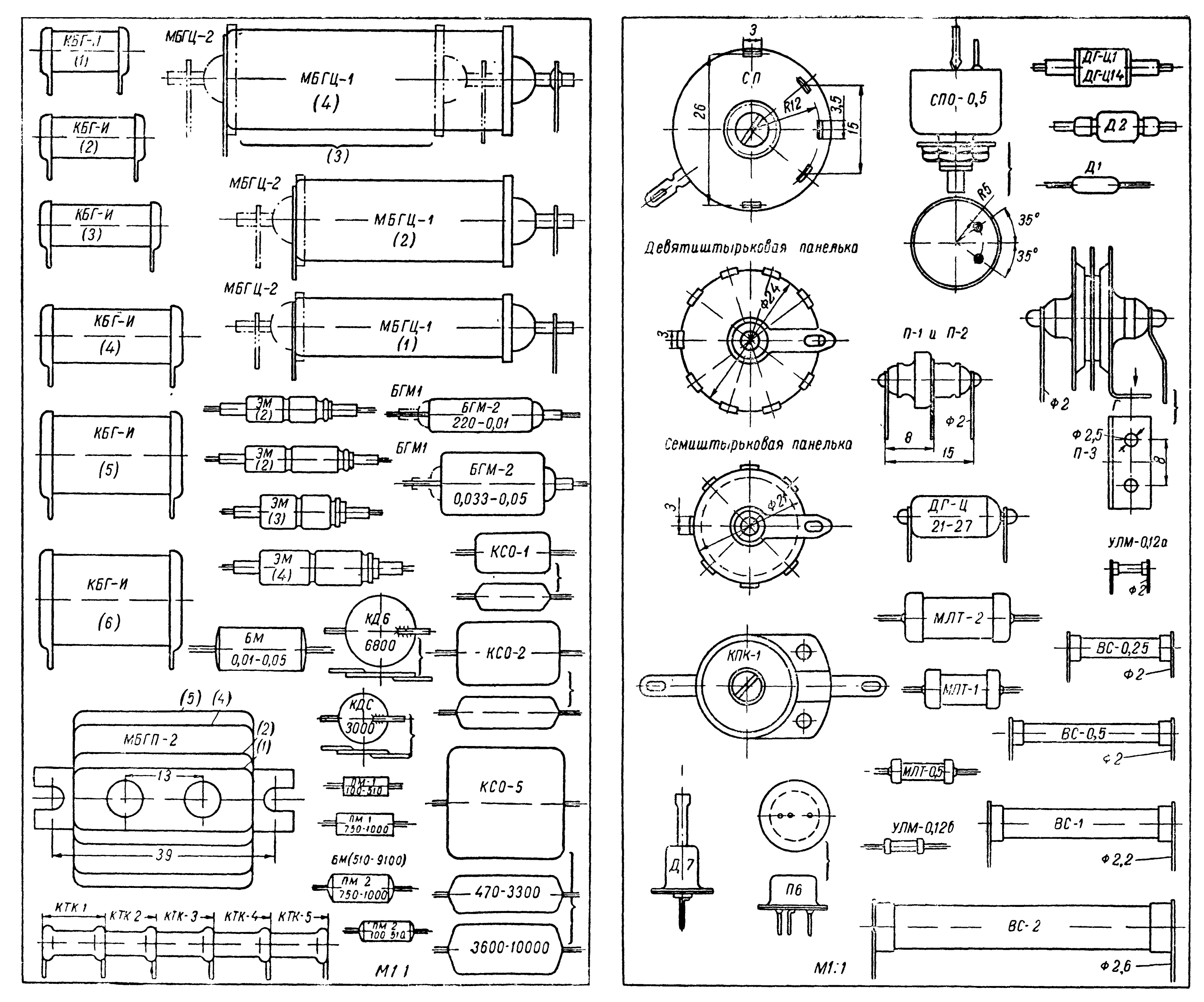


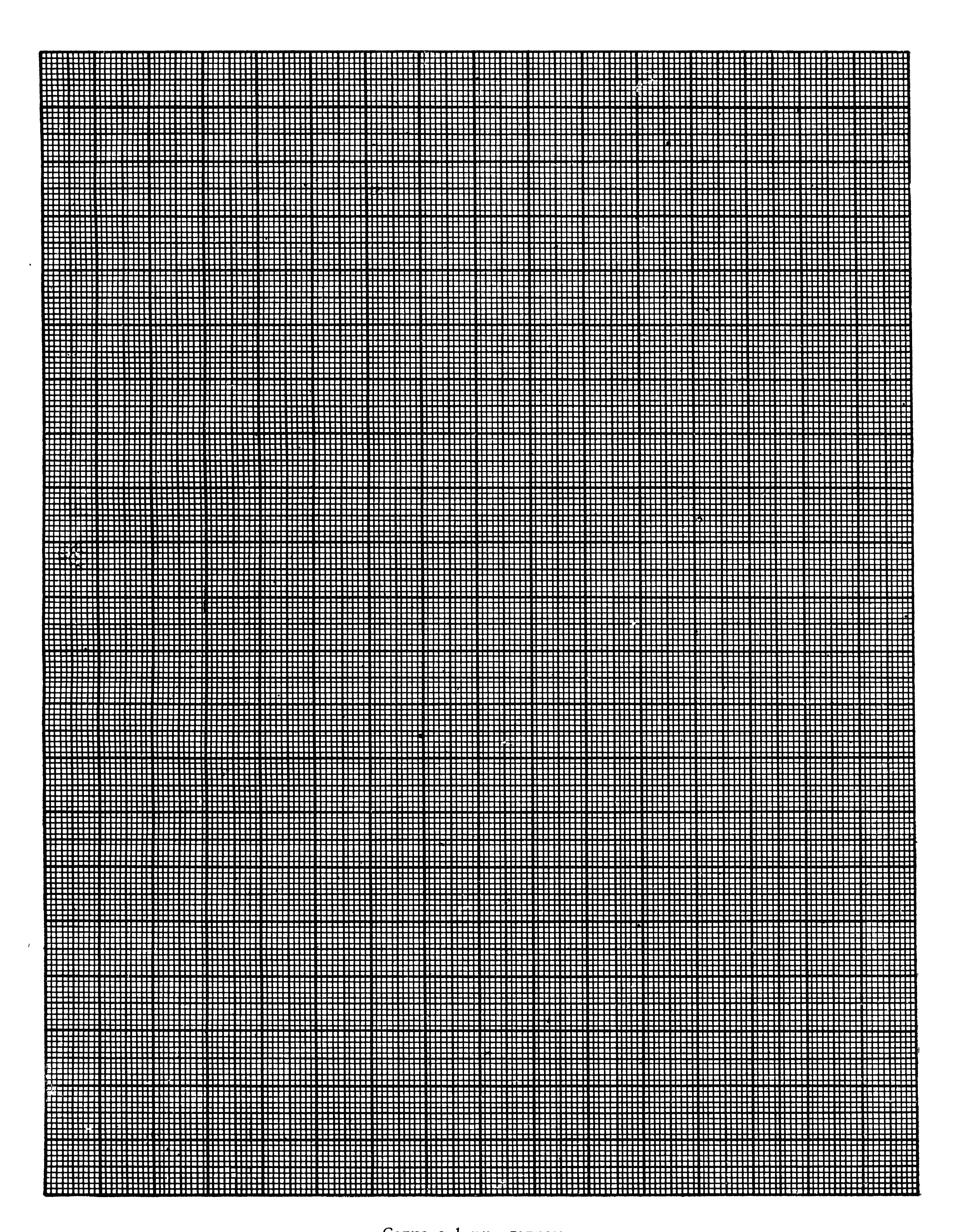
Рис. 38. Чертеж платы строчной развертки.

Детали, вычерченные в масштабе 2:1 для компоновки малогабаритных устройств на транзисторах.

Под обозначением типа детали даны величины номиналов. В скобках дан номер корпуса. Фигурные скобки соединяют две проекции одной детали.

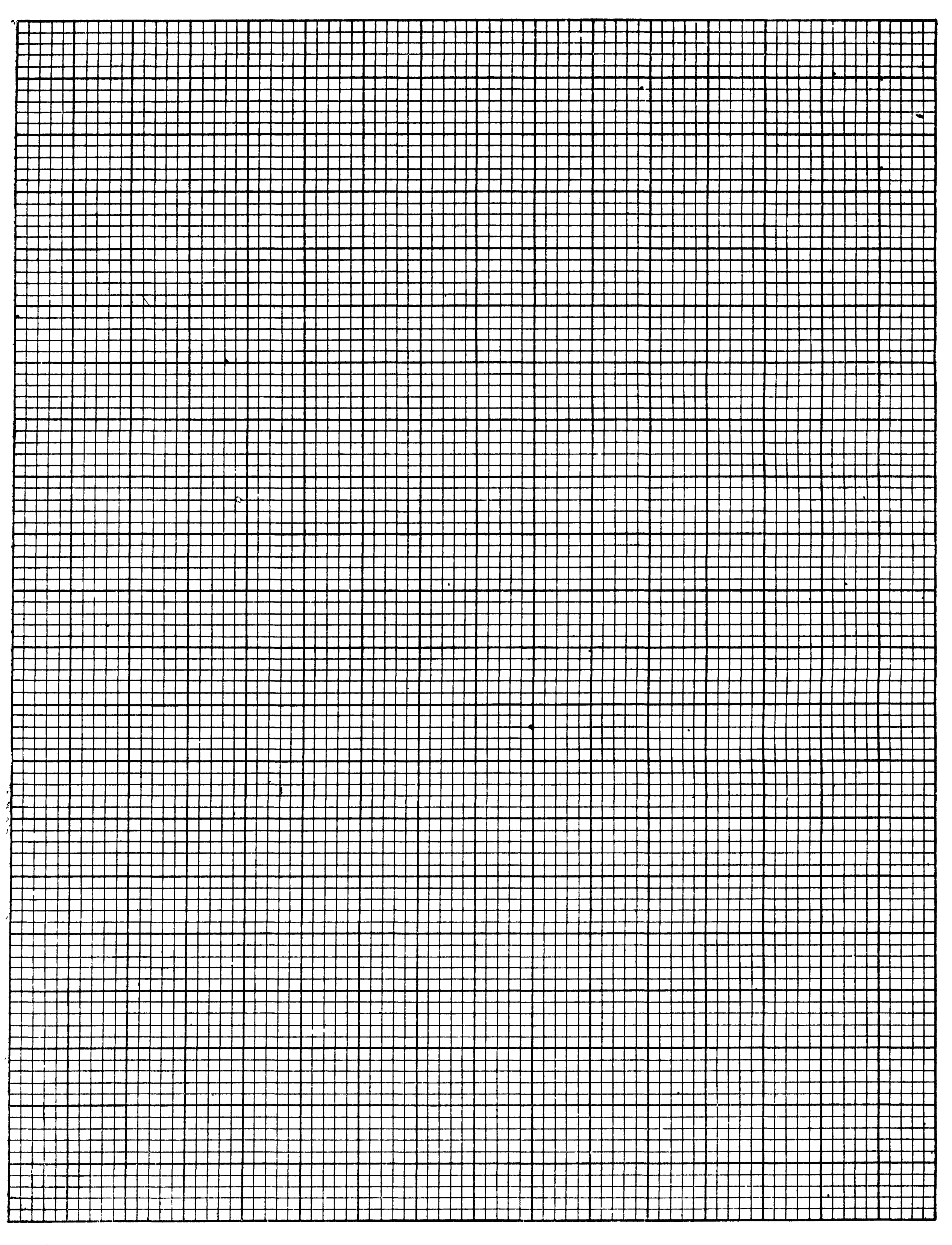


Детали, вычерченные в натуральную величину для компоновки радиоустройств нормальных габаритов.

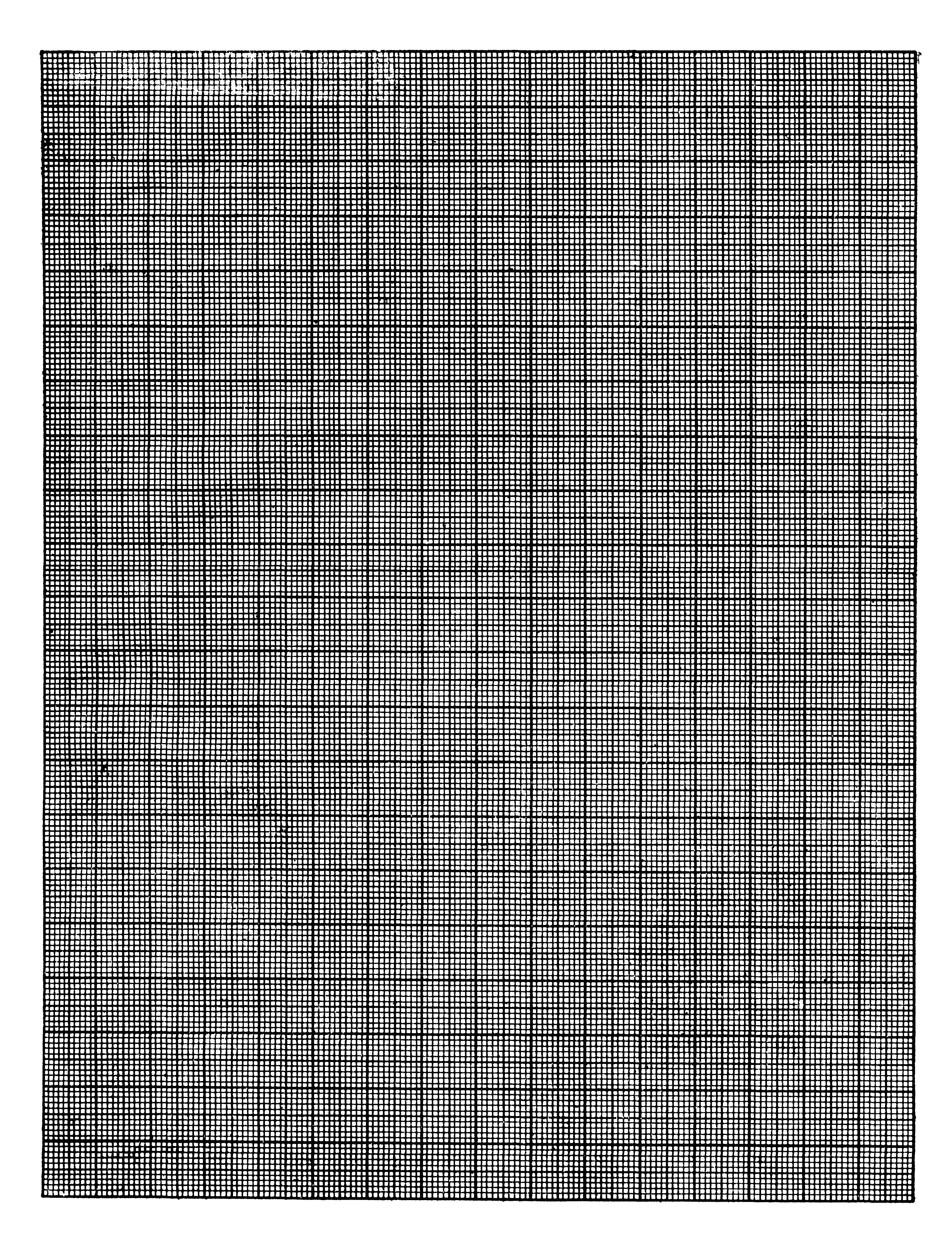


Сетка с 1-*мм* клетками.

Предназначается для вычерчивания сложных схем в натуральную величину.

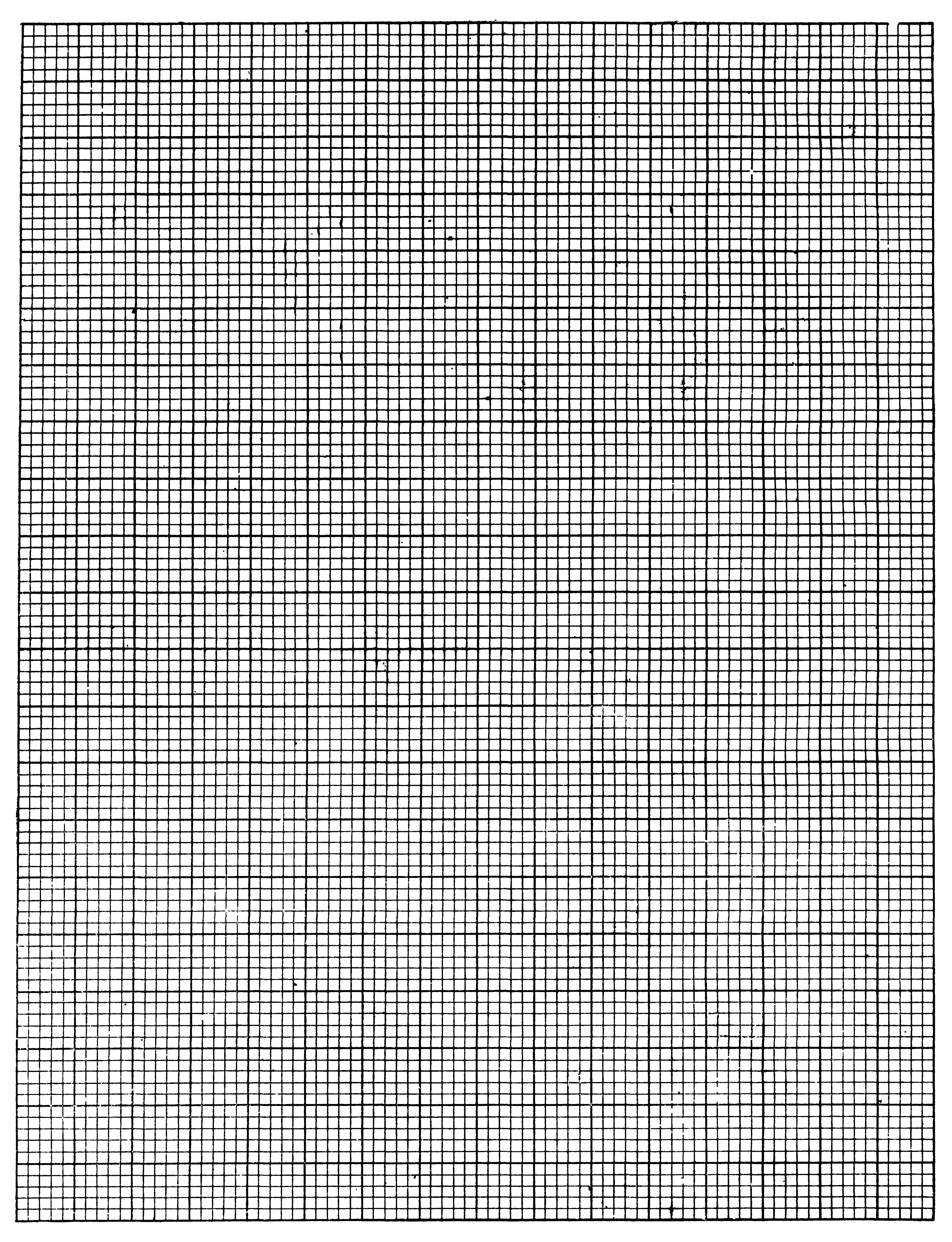


Сетка для вычерчивания малогабаритных устройств в масштабе 2:1, также для вычерчивания простых печатных схем в натуральную величину.



Сетка с 1-*мм* клетками.

Предназначается для вычерчивания сложных схем в натуральную величину.



Сетка для вычерчивания малогабаритных устройств в масштабе 2:1, а также для вычерчивания простых печатных схем в натуральную величину.

Цена р. 75 к.